

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

VENDULA PĚNIČKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

ANIZOTROPIE OHYBU TEXTILIÍ
A SPLÝVAVOST TEXTÍLIÍ
ANISOTROPY OF FABRIC'S BENDING RIGIDITY
AND DRAPABILITY OF FABRICS

Vendula Pěničková

KHT-827

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D

Rozsah práce:

Počet stran textu ...58

Počet obrázků59

Počet tabulek8

Počet stran příloh..15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Vendula Pěničková
Osobní číslo: T09000449
Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Textilní marketing
Název tématu: Anizotropie ohybu textilií a splývavost textilií
Zadávající katedra: Katedra hodnocení textilií

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. V rešeršní části zmapujte dosavadní vědomosti o metodách měření ohybové tuhosti anizotropie tkaniny a splývavost.
2. Proveďte experimentální měření ohybové tuhosti na čtvercových a kruhových vzorcích textilií. Tuhost proměřte pro dvanáct různých směrů. Proveďte měření na přístroji TH-7 a KES FB-2. Použijte statistické metody zpracování dat pro porovnání výsledků měření.
3. Proměřte pomocí drape-metru splývavý tvar vzorku. Výsledky porovnejte s anizotropií ohybové tuhosti.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Fridrichová, L.: K problematice stanovení ohybové tuhosti plošných textilií. [Disertační práce]. Liberec: TUL, 2000.
2. Fridrichová, L.: K problematice ohybové tuhosti textilií. [Habilitační práce]. Liberec. RUKOPIS.
3. Lomov, S.V.: A Predictive Model for the Fabric-to-Yarn Bending Stiffness Ratio of a Plain-Woven Set Fabric. Textile Research Journal, Vol. 70, No. 12, 1088-1096 (2000)
4. Sidabraitė, V., Masteikaite, V: Effect of Woven Fabric Anisotropy on Drape Behaviour. Materials Science. Vol. 9, No. 1. 2003.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2012**

prof. RNDr. Aleš Linka, CSc.

děkan



Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.

vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2011

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 16.4. 2012

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji:

Ing. Ludmile Fridrichové, Ph.D. za vedení práce, cenné odborné rady a trpělivost při tvorbě této bakalářské práce.

Ing. Marii Koldinské za naměření dat na přístroji KES FB-2.

Vítu Pleskotovi za pomoc s programy při tvorbě experimentální části této práce.

V neposlední řadě děkuji také rodině a blízkým, kteří mě morálně i finančně podporovali po celou dobu studia.

ANOTACE

Předmětem této bakalářské práce je zkoumání anizotropie ohybové tuhosti plošných textilií a splývavosti plošných textilií. První část – rešeršní, je věnována rešerši článků obsahujících různé metody měření ohybové tuhosti a splývavosti v posledních několika letech. Druhá část práce – experimentální, se zabývá zkoumáním anizotropie tří různých tkanin, dvě jsou v keprové vazbě a ze 100% bavlny, třetí je v plátnové vazbě a je ze směsi vlny a polyesteru. Splývavost byla měřena pomocí Drapemetru a to pouze u vzorků s keprovou vazbou. Vzorek kepr $\frac{1}{4}$ a směsová textilie (kruhové i čtvercové) byly měřeny metodou TH-7 a metodou převisu. Textilie ze směsových vláken byla navíc měřena na přístroji KES FB-2. Výsledky ze všech měření jsou zpracovány statisticky a porovnány.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Anizotropie, ohyb, ohybová tuhost, splývavost

ANNOTATION

The subject of this thesis is to study the anisotropy of bending rigidity of fabrics and drape of fabrics. The first part - the search is devoted to a search of articles containing the different methods of measuring the bending rigidity and drape over the past few years. The second part - experimental, examines the anisotropy of three different fabrics, two are in a twill weave and 100% cotton, the third is a plain weave and of a mixture of wool and polyester. Drape was measured using Drapemetr and only for samples with a twill weave. The sample with twill weave $\frac{1}{4}$ and mixed fabric (round and square) were measured by TH-7 and the Cantilever test. Fabrics of mixed fibers was also measured on the device KES FB-2. The results of all measurements are statistically processed and compared.

KEY WORDS:

Anisotropy, bending, bending rigidity, drape

ÚVOD	8
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1.1 Definice pojmů souvisejících s tématem	10
1.2 Řešení část	13
2 experimentální ČÁST	23
2.1 METODY MĚŘENÍ A POUŽITÉ PŘÍSTROJE.....	23
Splývavost	23
Ohybová tuhost.....	25
Měření na přístroji KES FB-2	27
Měření na přístroji TH-7.....	28
2.2 VYHODNOCENÍ EXPERIMENTŮ	33
Použitý materiál	33
Splývavost	33
Anizotropie ohybu a splývavost	53
Závěr.....	56
Seznam literatury.....	58
Přílohy	60

ÚVOD

Anizotropií ohybové tuhosti a splývavosti se zabývají vědci z celého světa, nevyjímaje ty z Technické univerzity v Liberci. Na toto téma bylo vypracováno již mnoho odborných článků a vědeckých experimentů. Anizotropie ohybu textilií je jev, který velmi ovlivňuje další vlastnosti tkaniny, které souvisí s komfortem textilie, ale také s konstrukčními vlastnostmi, tudíž i s celkovým vzhledem a „funkčností“ celého výsledného oděvu či textilního výrobku.

První částí této bakalářské práce je část rešeršní, která obsahuje rešerše článků přímo souvisejících se zadaným tématem anizotropie ohybu a splývavosti. Ještě předtím jsou uvedeny definice pojmům pro správné pochopení celé problematiky. Cílem první části bylo zmapovat dosavadní poznání ohledně anizotropie ohybu textilií a splývavosti z hlediska metodiky, a to na experimentech posledních let. Z některých článků, jako například od Sidebrita a Mastekaita, byla použita podobná metodika měření. Některé články posloužily jen jako uvědomění si možností vědy v této oblasti bádání.

V druhé části, která je nazvaná experimentální, jsou kapitoly pojmenované Měření splývavosti a Měření ohybové tuhosti. V této části vycházím z prací L. Fridrichové, která v současné době stále provádí experimenty ohledně anizotropie ohybu a zabývá se tímto tématem.

V kapitole Měření splývavosti je popsána metodika měření a zpracování dat kruhových vzorků tkanin ze 100% bavlny v keprových vazbách, které jsou měřeny na Drapemetru. Následně jsou zařazeny polární diagramy, které ukazují splývavé tvary jednotlivých vzorků a poté grafy, které vycházejí ze statistického zpracování dat jednotlivých kvadrantů vzorku. Kvadranty byly použity pro lepší orientaci.

V kapitole Měření ohybové tuhosti jsou popsány metodiky měření a použité přístroje. Ohybová tuhost byla experimentálně měřena metodou převisu, na přístroji TH-7 a na přístroji KES FB-2. Všechna naměřená data, která byla třeba k porovnávání výsledků, jsou statisticky zpracována do tabulek a zanesena do grafů či polárních diagramů.

Cílem celé práce je dokázat existenci anizotropie na vzorcích, které jsou měřené několika způsoby, popřípadě porovnat účelnost měření na přístrojích KES FB-2 a TH-7, které mají principiálně podobný průběh měření, avšak rozměry vzorů a cena přístrojů je odlišná.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Definice pojmů souvisejících s tématem

Pro správné pochopení a orientaci v této bakalářské práci je nutné objasnit si některé pojmy, které by mohly způsobit nepochopení tématu.

Anizotropie

Dle internetové verze slovníku cizích slov (ABZ.CZ) je anizotropie „závislost vlastností prostředí na směru, ve kterém se měří.“ Což v našem případě znamená, že u tkanin, které jsem měřila, záleží na fyzikálních vlastnostech tkaniny – vazba, dostava útku, dostava osnovy, měrná plošná hmotnost, použitý materiál přize aj.

Kovář považuje anizotropii za jev, který je u textilií výraznější než u jiných materiálů. Ve své práci uvádí, že anizotropie vzniká tím, že plošná textilie je vyrobena z délkových textilií a ty zase z vláken. Je tudíž velmi složité (autor uvádí, že „téměř nemožné“) uspořádat vlákna rovnoměrně do všech směrů. Tento jev lze prý nejlépe pozorovat u „klasických“ textilií, kterými jsou tkaniny a pleteniny. Kovář (str. 116, 2003)

Ohybová tuhost

S ohybovou tuhostí souvisí téměř všechny technické činnosti, ať už se jedná například o stavebnictví, těžební průmysl nebo právě o textilní průmysl. Proto se dá i tento pojem specifikovat dle oblasti, ve které nás zkoumaný jev zajímá. Tudíž si dovoluji použít citací definic odborníků. Výstižnou definici ohybové tuhosti pro plasty lze vyčíst v práci T.Tydlačky (1, str. 21), která říká:

„Ohybová tuhost materiálu je matematicky definována jako součin EJ , kde E je modul pružnosti a J je kvadratický moment plochy průřezu k neutrální ose průřezu. Tato ohybová tuhost může být ovlivněna materiálem výrobku, tj. E a průřezovou geometrií součásti tj. J .“

Pro mé účely jsou však mnohem podstatnější definice, které se týkají problematiky v textilním odvětví, proto jsem vybrala jako první definici, která je obsažena v ČSN 80 08558 (2, str. 1):

„Tuhost - odolnost plošné textilie vůči ohýbání. Je to schopnost materiálu reagovat momentem vnitřních sil soudržnosti proti namáhání momentem vnějších sil způsobujících deformaci. Vyjadřuje se jako ohybový moment (M_o) v $mN \times cm$.“

Dále bych zde ráda uvedla definice odborníků, kteří se zabývají výzkumem ohybové tuhosti textilií:

*„Tuhost plošných textilií v ohybu je dle Hese a Sluky (3, str.12, 13) důležitý parametr komfortu oděvních materiálů, protože některé typy oděvů vyžadují nízkou tuhost ohybu (splývající sukně obepínající tělo, ponožky, pulovry, všechny druhy spodního prádla), ale k dosažení dobrého vzezření, např. u pánských obleků, kalhot atd. je zapotřebí oděvních materiálů o vyšší a definované tuhosti ohybu **B**. V klasické mechanice pružných těles tuhost ohybu závisí na momentu setrvačnosti **I** [m^4], daném materiálovou strukturou a rozměry, a materiálovým parametrem **E** [**Pa**] zvaným počáteční modul pružnosti. Pro tkaniny o vysoké dostavě, tloušťce **h** a šířce **b** pak jejich ohybová tuhost může za jistého zjednodušení být popsána následujícím vztahem:*

$$B = E \cdot I \qquad I = B \cdot h^3 / 12$$

Jak plyne z této rovnice, při zdvojnásobení tloušťky kompaktní plošné textilie vzroste ohybová tuhost 8x. Pokud však pouze použijeme dvě vrstvy vzájemně nespojených (neprošitých nebo tepelně nespojených) textilií, vzroste celková tuhost pouze 2x.“

L. Fridrichová ve své práci (4, str. 7) uvádí, že: *„Ohybová tuhost textilie je velkou měrou závislá na ohybové tuhosti jednotlivých komponent, ze kterých je tvořena, zejména na ohybové tuhosti vláken a příze. Kromě ohybové tuhosti těchto komponent je třeba zohlednit vliv řady dalších parametrů ovlivňujících výslednou ohybovou tuhost textilního výrobku. Do této skupiny lze zařadit např. vzájemné kontakty vláken v přízi, tření mezi vlákny, zákrut příze, rovněž vzájemné kontakty mezi přízemi, které ovlivňují jednak tvar a velikost průřezu příze v místě kontaktu, jednak tření mezi složkami struktury tkaniny; podobné jevy se uplatňují i v pletenině. Lze předpokládat, že na ohybové tuhosti textilie se podstatnou měrou podílí její struktura - zejména její vazba.“*

Kovačičova definice zní (5, str. 46): *„Tuhost v ohybu je fyzikální veličina popisující odpor textilie proti deformaci (ohýbání) vnějším zatížením. Toto vnější zatížení je vyzorováno buď osamělou silou nebo spojitým obtížením vyvolaným plošnou hmotností.“*

Kovačič (5, str. 46) upozorňuje také na to, že tuhost v ohybu je důležité znát pro účely konstrukce oděvů, kde tuhost v ohybu ovlivňuje splývavost a je určena konstrukcí textilie a použitou úpravou.

Splývavost

Velmi jednoduchou definici splývavosti můžeme najít na internetovém portálu TEXSITE.info, kde splývavost definují jako „souhrn vlastností [plošné textilie](#), k nimž patří zejména měkkost, vláčnost, poddajnost a ohebnost. Její míra může být pro odlišné typy textilií a účel jejich použití různá. U oděvních textilií je často určována a ovlivňována platnými módními tendencemi“.

Dle Hese a Sluky (3, str. 14) je splývavost velmi zajímavým parametrem charakterizujícím komplexní deformovatelnost plošné textilie a závisí na tuhosti textilie v ohybu B, tuhosti textilie ve smyku G a její plošné hmotnosti M.

„Splývavost, dle Kováře (7, str. 116), souvisí s deformačními vlastnostmi plošné textilie (především se jedná o ohyb, plošné protažení a zkosení) a s plošnou hmotností textilie. Prognóza splývavosti je obtížná, zatím jsme zpravidla odkázáni na experiment. Splývavost patří i do kategorie reprezentativních vlastností.“

„Splývavost textilie definuje Kovačič (5, str. 49) jako schopnost vytvářet esteticky působící záhyby při zavěšení v prostoru. Tyto záhyby jsou výsledkem prostorové deformace.“

Tkanina

„Tkanina je plošná textilie tvořená zpravidla ze dvou vzájemně kolmých soustav nití, osnovy a útku, navzájem provázaných vazbou tkaniny.“ Dostálová, Křivánková (8, str. 44)

1.2 Řešení část

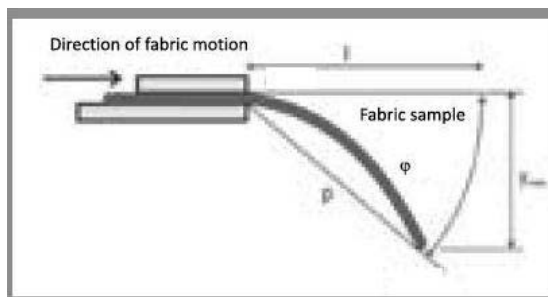
Darja Žunič Lojen, Simona Jevšnik: Some Aspects of Fabric Drape

Metody měření splývavosti

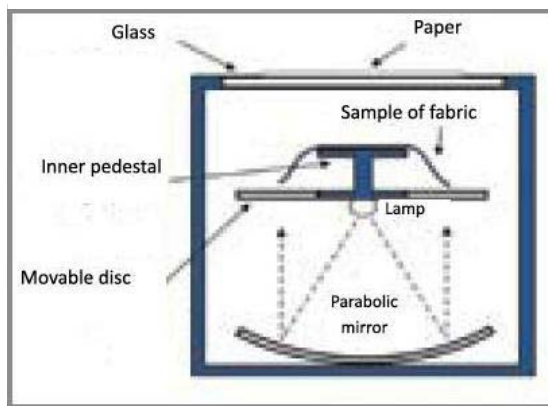
Lojen (9, str. 39 – 45) měřil na tkaninách uvedených v tabulce 1 koeficient zakrytí a počet záhybů (maximální a minimální amplitudu trojrozměrného zakrytí). K měření použil Cusickův Drapemeter a Drape Analyser.

Provedl čtyři měření na každém vzorku v časovém rozmezí 2, 4, 6 a 24 hodin za standardních testovacích podmínek. Průměr kruhového vzorku byl $d_1 = 30\text{cm}$, ale chtěl také určit vliv změny velikosti vzorku na splývavost, proto použil ještě větší průměr $d_2 = 36$, to však použil pouze pro první tři textilie (F1 – F3). Vnitřní průměr Drapemetru je 18cm pro oba měřené vzorky, tudíž se měření liší délkou převisu a lze tedy předpokládat, že i tvar nebo počet záhybů se změní. Délku ohybu tkanin a pevnosti určil pomocí FAST2 – systému.

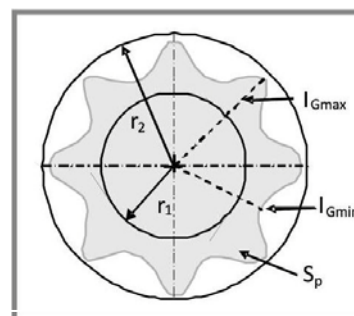
Lojen při svém výzkumu dodržel všechny požadované normy, proto ještě musel stanovit normovaný koeficient zakrytí, ačkoliv neexistují žádná pravidla pro získávání těchto hodnot. Tudíž vybral dvě tkaniny ze stejného materiálu, ale s odlišnou ohybovou tuhostí a parametrem zakrytí. Díky statistickým datům poté zjistil potřebné údaje. Měření provedl celkem 31x.



Obr. 1 – 2D snímání splývavosti textilie
Zdroj: (9, str. 39)



Obr. 2 – 3D snímání splývavosti tkaniny
Zdroj: (9, str. 39)



Obr. 3 – Projekce
splývavého tvaru tkaniny
Zdroj: (9, str. 40)

Výsledky měření

Lojen (9, str. 39 – 45) provedl výzkum, který zaměřil na pochopení jevu splývavosti v celé jeho komplexnosti, aby předešel přílišnému zobecňování názorů. Dle něj je to důležité pro určení výsledného vzhledu hotového výrobku, a navíc napomáhá upřesnit počítačové simulace, látka se, díky detailněji zjištěným hodnotám, chová reálněji a my víme, jak s ní pracovat.

Výsledné hodnoty koeficientu zakrytí tkanin o průměru 30cm se velmi lišily. Počet záhybů se ve skupině F4 a F2 pohyboval v rozmezí 5 až 8. Tkaniny F3, F5, F6, a F8 měly stejný počet ohybů – 7, ale různé koeficienty zakrytí a jiné parametry vazeb. Ovšem tkaniny F6 a F8 mají podobnou hustotu, hmotnost a typ vazby, z čehož je jasné, že vazba ovlivňuje splývavost. Lojen rozdíl v naměřených hodnotách koeficientů zakrytí očekával kvůli různým vlákenným směsím, typu vazby, hustotě příze a lineární hodnotě, proto nebylo možné najít souvislost. Vzhledem k tomu, že použil komerční tkaniny, u kterých nevěděl, jaké procesy či úpravy byly aplikovány, neměl úplné údaje, které potřeboval.

Dle Lojena (9, str. 39 – 45) se koeficient zakrytí mění v závislosti na čase, ne na velikosti. V tomto experimentu bylo zjištěno, že s přibývajícím časem se koeficient zakrytí snižuje. Nejčastěji došlo ke změně v průběhu prvních dvou hodin, nejmenší změny vykazoval vzorek F5, a naopak největší vzorky F7 a F3. Se snižujícím se koeficientem zakrytí se snižuje i minimální a maximální amplituda, ale počet zákrutů se nemění. Projekční plocha splývajících vzorků se mění kvůli změně času, délky a šířky, ale změny jsou téměř zanedbatelné.

Vzorky s větším průměrem (d_2) mají ještě o 3 cm delší převis, byly naměřeny stejně jako vzorky se standardním průměrem (d_1). Tyto vykazovaly menší odchylky měření. Větší vzorky v porovnání s menšími splývají rychleji, což dokázalo srovnání měření na Drapemeteru, ale snížení koeficientu zakrytí nebylo tak výrazné.

Díky tomuto článku jsem si uvědomila, že je velmi důležité provést dostatečný počet měření, ale nezáleží na počtu vzorků z různých materiálů, ale na znalosti vzorků. Lepší je tedy proměřit vzorky na více přístrojích, více způsoby a výsledky porovnat a udělat z nich závěr.

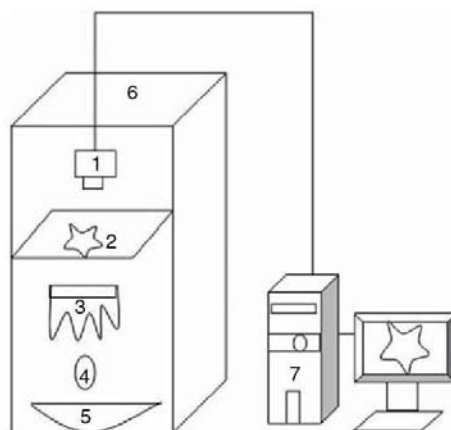
Tabulka 1 – Materiály použité Lojenem

Typ tkaniny	Materiál	Označení
Lomený kepr	100% vlna	F1
Hopsack	100% bavlna	F2

Plátno	100% bavlna	F3
Cirkas	100% polyamid	F4
Útkový rib	100% len	F5
Kepr	63% polyester, 37% viskóza	F6
Satén	100% bavlna	F7
Osnovní kepr	100% vlna	F8

Ajit Kumar Pattanayak, Ameersing Luximon and Asimananda Khandual: Prediction of drape profile of cotton woven fabrics using artificial neural network and multiple regression method

V této studii (10, str. 560 – 566) bylo použito 65 vzorků bavlněných tkanin s širokým spektrem vazeb různých dostav. Byl vyvinut speciální Drapemeter, který importoval obraz splývání materiálu rovnou do počítačového programu, tudíž šel bezprostředně zpracovávat a vyhodnocovat. Mechanické vlastnosti měřil na přístroji KES.



*Obr. 4 – Schéma digitálního
Drapemetru
Zdroj: (10, str. 560)*

Regresní metoda

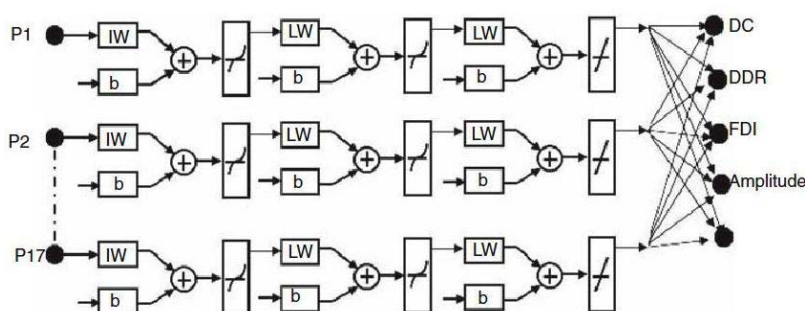
Díky regresní metodě bylo zjištěno, že data vykazují trend normálního rozdělení. Analýza lineární regrese byla provedena pomocí zpětné eliminační techniky. Byl odvozen vztah mezi vlastnostmi nízkého mechanického napětí a 5 parametry. Díky těmto rovnicím bylo vypočítáváno, že ohyb, smyk a hustota dostavy ovlivňují parametry splývání, kdežto pevnost v tahu a tlaku mají menší vliv na parametry ovlivňující splývavost.

Uvádí se, že splývavost je do značné míry ovlivněna ohybovou tuhostí, jelikož vyšší ohybová tuhost brání tomu, aby se formovaly záhyby při splývání, a tím zůstává látka více vyrovnaná, což určuje vyšší koeficient zakrytí a další parametry ovlivňující splývavost. Dále mají vliv na

splývavost konstrukční parametry jak příze, tak i samotné tkaniny, které vykazují nepřímý vztah s koeficientem zakrytí.

Model neuronové sítě

Jako další vyhodnocovací technika byl zvolen model neuronové sítě. Jako základní síť byla určena pětineuronová síť s jednou skrytou vrstvou. Ta ovšem nebyla vyhovující a nepřinášela přesné výsledky, tudíž se síť musela



Obr. 5 – Architektura neuronové sítě Zdroj: (10, str. 562)

optimalizovat. Optimalizace probíhala změnou počtu neuronů a v další fázi i přidáním skryté vrstvy. Výsledná síť, která byla použita pro hodnocení, měla dvě skryté vrstvy, z nichž každá obsahovala dvacet neuronů. Díky této síti bylo srovnání dat nejvalidnější.

Bylo zjištěno, že neuronová síť zohledňuje interakci a nelinearitu existující mezi vstupy a výstupy neznámých pomocí statistického modelu, proto jsou výsledky přesnější. V síti se vypočítá střední čtvercová chyba přes výstup ve srovnání se skutečným výkonem.

Chybová hodnota se šíří přes síť dozadu a tím se tvoří malé změny hmotnosti a náklonu v každé vrstvě. Cyklus se opakuje, dokud celková chyba neklesne pod požadovanou hranici.

Model neuronové sítě se ukázal jako vhodnější pro tento typ experimentu, avšak osobně se mi zdá technicky náročný.

E. de Bilbao, D. Soulat, G. Hivet, A. Gasser: Study of Benfing Behaviour of Composite Reinforcements

Vzhledem k tomu, že několik studií prokázalo relativní význam ohybu během formování kompozitů, a protože standardní testy pro měření oděvních textilií nebyly dostačující, byl vyvinut nový přístroj pro testování kompozitních výztuh, což popisuje ve své práci Bilbao (11, str. 205 – 208). Nový prototyp je sestaven na základě Cantilever testu, ale má další přidané vlastnosti, které byly vyvinuty na základě experimentů.

U kompozitních materiálů je velmi složité určit následné mechanické chování tkaniny. Proto Bilbao použil nový Cantilever test, který byl vyvinut k testování tuhých a silných materiálů. Flexametr totiž rozeznává elastické a neelastické chování. Chceme-li simulovat chování přízi v makroskopickém měřítku, musíme definovat vztah mezi zakřivením a momentem síly M . Ale i s tím byl problém u nízkých vyšších hodnot zakřivení, proto použil též inverzní metodu s aplikací pro nekroucí se materiály.

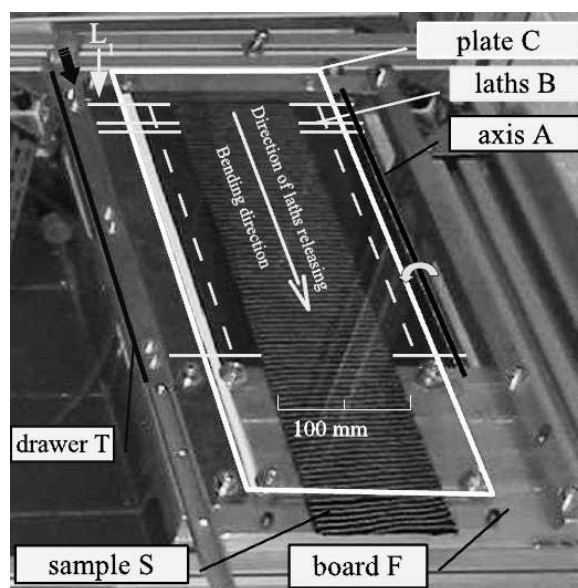
Cantilever test

U klasického Cantilever testu jsou vzorky vysouvány s definovanou délkou na okraj a jsou ohýbány vlastní vahou. Jedním ze způsobů počítání ohybové tuhosti nebo lineární elasticity je výpočet z délky převisu a úhlu ohybu tvořených fixními a volnými místy s vodorovnou osou.

Dalším způsobem je výpočet momentu síly a zakřivení podle profilu ohnutého vzorku. Pokud se materiál chová efektivně elasticky, získaný vztah je určen tímto chováním a je možné na něj aplikovat elastický model. Je-li materiál neelastický, moment síly a zakřivení

v každém bodě a profilu závisí na průběhu namáhání a je nutné průběh sledovat.

Nový Cantilever test s rostoucí délkou převisu v průběhu zkoušky též zkoumá vývoj momentu bodu na materiálu v průběhu zkoušky. Moment se mění z nulové hodnoty na maximální a dosáhne-li maxima, začne klesat. Vypočítaný moment síly a zakřivení podél jednoho profilu umožňuje poutat jen jeden bod na křivce zatížení a několik bodů na různých křivkách bez zatížení. Postupné profily ohybu umožňují získat zatěžovací křivku díky vypočítaným momentům a křivkám na vložených bodech a získat nezatíženou křivku následujícím materiálovým bodem a vypočítáním momentu a zakřivení během příštího testování. Pouze jeden profil neumožňuje identifikovat neelastické chování v ohybu vypočítáním momentu a zakřivení, protože je nutné vzít do úvahy předchozí namáhání. Proto byl vyvinut nový cantilever test, který umožňuje provádět řadu po sobě jdoucích operací s rostoucí délkou převisu.



Obr. 6 – Cantilever test – mechanický modul

Zdroj: (11, str. 206)

Nový cantilever test se skládá z mechanického a optického modulu. Mechanický modul umožňuje umístit vzorek do konzole nastaveným pod jeho vlastní vahou. Optický modul umožňuje zachytit tvar ohnutého vzorku.

Vzorkem může být příze, jednovrstvá nebo vícevrstvá výstuž, jejichž délka nepřevyšuje 300mm a šířka 150mm. Tloušťka může být až několik milimetrů. Na začátku testu je vzorek umístěn na speciální rovině, které se skládají z lišt. Průsvitná deska je zkonstruována tak, aby vzorek neklouzal a byl zafixován. V průběhu měření se postupně zasunuje pod vzorek tyčka, která zvýší přesah. Délku převisu si můžeme zvolit a test zastavit v kterékoliv fázi a libovolně opět pokračovat.

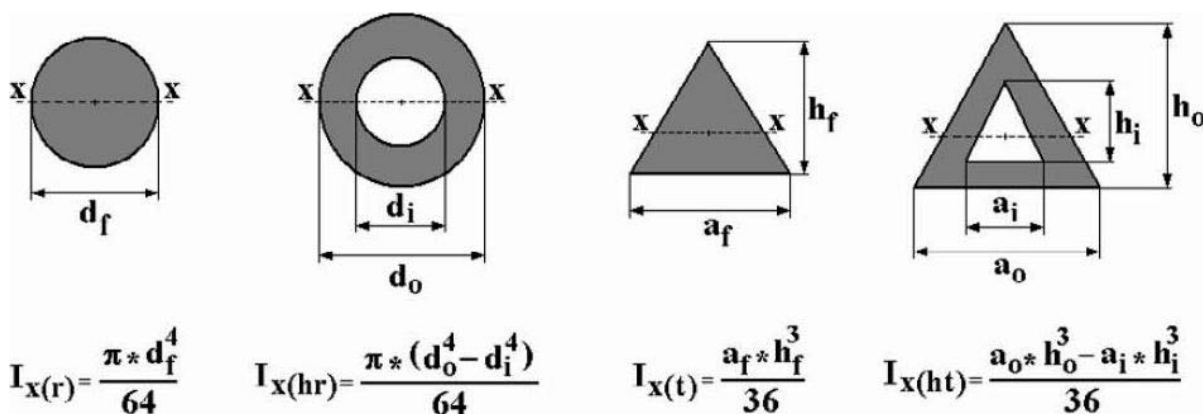
Zatímco jednokonzolový cantilever test poskytuje pouze jednu konfiguraci, nový Flexometr, se souborem zatěžovacích stavů, umožňuje vydedukovat model nelineárního chování, protože poskytuje různé tvary ohybu s různými zatíženími. Vše je zaznamenáváno digitálním fotoaparátem a následně vyhodnocováno.

Bilbao použil ještě inverzní metodu, jejíž cílem bylo, aby experimentálně zjištěné výsledky metodou konečných prvků odpovídaly modelu metody optimalizací parametrů zvolených modelů. To celé provedl díky simulaci, kterou optimalizoval a poté aplikoval. Optimalizace byla provedena na profilu s délkou ohybu 200mm a aplikací Dahlova parametru. Pro simulovaný tvar se maximální zakřivení získá vložením hrany. Tvary jsou si podobné tehdy, je-li vysoké zakřivení, ale je-li nízká hodnota zakřivení, má model potíže přesně simulovat chování v ohybu. Čímž Bilbao ve své studii potvrdil, že Dahlův vztah není schopen modelovat chování pro malé zakřivení. Analýzy profilu pro malé délky ohybu a vývoje momentu a zakřivení pro tyto profily ukázaly, že materiál by mohl mít elastické chování. Proto se Bilbao rozhodl, že ověří, zda je schopen Dahlův vztah modelovat přesně bez elastického chování, a to díky experimentu potvrdil.

S. Omeroglu¹, E. Karaca and B. Becerir : Comparison of Bending, Drapability and Crease Recovery

Behaviors of Woven Fabrics Produced from Polyester Fibers Having Different Cross-sectional Shapes

Autoři článku (12, str. 1180 – 1190) pro svůj experiment použili tkaniny z polyesterových vláken (plná a dutá, kulatý a třístěnný průřez), která byla vyráběna za stejných podmínek a byla u nich zkoumána splývavost, ohyb a mačkovost. Pro mě je z hlediska tématu práce důležitá hlavně splývavost a ohyb. Omeroglu použil celkem 8 druhů tkanin, z čehož 4 byly v plátnové vazbě a 4 v keprové vazbě^{1/2} Z. Vlákná měla 4 různé tvary průřezu, ale stejný počet zákrutů.



Obr. 7 – Momenty setrvačnosti idealizovaných čtyř různých tvarů příčného průřezu

Zdroj: (12, str. 1184)

Délka ohybu a tuhost

Tyto vlastnosti měřil dle ASTM D1388 pomocí testeru tuhosti 5x na každém vzorku ve směru útku i osnovy. Tuhosti osnovy a útku byly měřeny dle rovnice (12, str. 1180 – 1190):

$$G = W * c^3$$

Kde G = tuhost v ohybu [$\text{mg} * \text{cm}$]

W = plošná hmotnost [mg/cm^2]

c = polovina délky převisu [cm]

Celkovou tuhost v ohybu vypočítal jako průměr z osnovních a útkových nití:

$$G_0 = \frac{G_w * G_f}{2}$$

Kde :

G_0 = Celková ohybová tuhost [mg*cm]

G_w = ohybová tuhost osnovy [mg*cm]

G_f = ohybová tuhost útku [mg*cm]

Byly vybrány tkaniny s velmi podobnou plošnou hmotností. Plátina a kepry z dutých vláken vykazovaly vysokou ohybovou tuhost v útku i osnově. Jejich tuhost se ovšem ještě zvýšila za podmínky, že měly kulatý průřez. Tkaniny s kulatými a třístěnnými průřezy se však od sebe významně nelišily

Z jeho studie (12, str. 1180 – 1190) je zřejmé, že tkaniny s plátňovou vazbou mají vyšší tuhost v ohybu, než kepry. Dle něj je to dáno vazbou, kdy plátňová vazba má mnohem více vazných bodů, tudíž je zde více „křížovatek“, které jsou blízko u sebe a brání tak ohýbání. Ohybová tuhost v jeho experimentech byla vyšší v útku. Útkové napětí bylo nižší, než napětí osnovních nití.

Splývavost

Splývavost měřil (12, str. 1180 – 1190) dle normy ISO 9073-9 pomocí Cusickova testeru. Opět provedl měření 5x na každém vzorku a vypočetl z toho koeficient zakrytí [%], z čehož mu vyšlo, že vzroste-li koeficient zakrytí, klesá schopnost splývání.

Koeficient zakrytí byl vyšší u tkanin z dutých vláken než u plných vláken v obou vazbách. Nejvyšší koeficient zakrytí naměřil na dutých vláknech kruhového průřezu. Z toho vychází, že splývavost dutých vláken je nižší než plných vláken. Vyšlo také, že tkaniny s plátňovou vazbou mají vyšší koeficient zakrytí než tkaniny s keprovou vazbou, kde jako důvod uvádí opět vysoký počet vazných bodů a nízkou schopnost pohybu nití ve vazbě, která dělá tkaninu „hustší“.

Ohyb a splývavost, dle tohoto článku (12, str. 1180 – 1190), vykazaly závislost, jednalo-li se o stejný materiál. Došlo se tedy k závěru, že rozdíly mezi vlastnostmi látek ovlivňuje moment setrvačnosti a typ průřezu vlákna, objemnost příze z důvodu kompaktnosti tkaniny. Koeficient zakrytí úzce souvisí s ohybovou tuhostí. Tato studie ukazuje vliv zvoleného materiálu a vazby na splývavost a anizotropii.

V. Sidabraitė, V. Masteikaitė: Effect of Woven Fabric Anisotropy on Drape Behaviour

Cílem jeho práce (13, str. 111 – 115) bylo určit ohybovou sílu testovaných vzorků v různých směrech a najít obecný výpočtový vztah model vztahu mezi anizotropií ohybové tuhosti a splývavosti, přičemž neuvažoval smykovou tuhost. Chtěl zároveň určit vztah mezi ohybovou tuhostí a splývavostí.

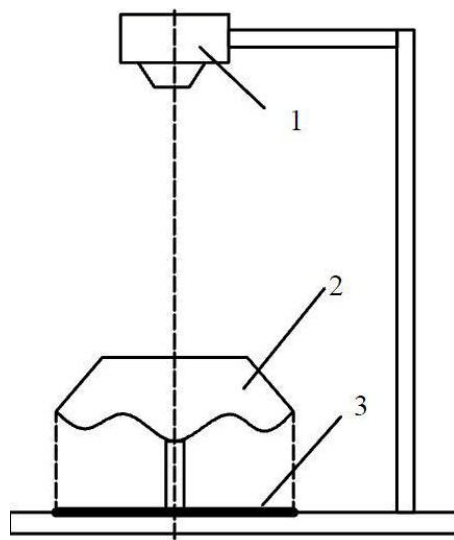
Experimenty byly provedeny na 7 tkaninách, z čehož 5 jich bylo v plátňové vazbě, jedna v kombinaci plátňová vazba – ryps a poslední byla v rypsové vazbě. Jejich ohybová tuhost byla v rozmezí $1,13 - 12,8 \mu\text{Nm}$.

Pro měření ohybové délky a vypočítání ohybu bylo použito přístroje FAST-2. Je známo, že u vazeb tkanin, které nejsou pravidelné (jako např. keprové vazby), může být ohybová tuhost pro 45° odlišná od ohybové tuhosti pro 135° vzhledem k osnově.

Bylo měřeno na obdélníkových vzorcích $5 \times 15 \text{ cm}$. Byly připraveny tak, aby měření délky ohybu bylo provedeno v každém směru. Průměrná délka ohybu a průměr tuhosti v ohybu byla vypočtena z 12 měření pro každý vzorek.

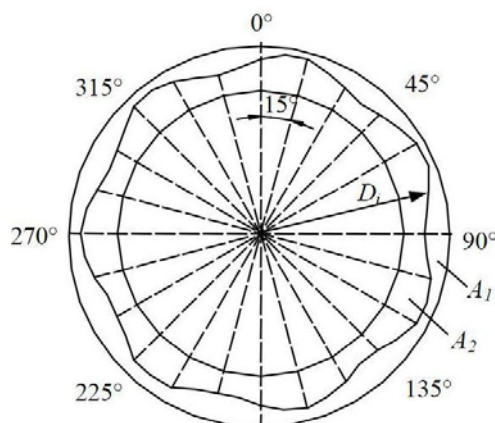
Pro teoretické hodnocení ohybové tuhosti byl zvolen model podle Coopera, který poukázal na to, aby se k ohýbání vzorku, který je pod úhlem α ke směru osnovy použito ještě oboustranné ohýbání (po rubu i po lici), aby byl minimalizován vliv zákrutu.

Splývavost byla naměřena na dvou kruhových vzorcích z každé tkaniny s poloměrem 15 cm pomocí Drapometru. Pro zachycení tvaru bylo použito digitálního fotoaparátu přímo z Drapometru. Pořízené snímky byly zpracovány v programu AutoCAD 2000. Na základě dat získaných z měření byl vypočítán koeficient zakrytí. Měřil



Obr. 7 – Schéma Sidebritova Drapometru

Zdroj: (13, str. 112)



Obr. 8 – Schéma profilu tkaniny, kde A1 je plocha vzorku v rovině a A2 je splývavý profil

Zdroj: (13, str. 112)

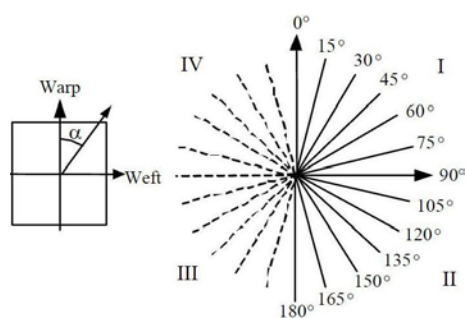
také vzdálenost od středu vzorku ke kraji profilu splývavého tvaru na každých 15° . U každého vzorku byla průměrná vzdálenost vypočítána z 24 měření.

Výsledky experimentu ukázaly, že díky Cooperovi lze předvídat splývavé profily pomocí ohybové tuhosti. Bylo zjištěno, že stupeň anizotropie tvaru splývání záleží na poměru ohybové tuhosti útku a osnovy, které představují anizotropii stupně tuhosti ve dvou hlavních směrech. Přesto poměr ohybových tuhostí není schopen predikovat tvar splývavého profilu.

Z experimentů uvedených v tomto článku vyplývá, že zanedbáme-li diagonální směr, pak je tento model aplikovatelný.

V připravovaném článku L. Fridrichová, kde byl Sidabraitův model aplikován na naměřené hodnoty určené pro tuto práci vychází, že nelze vždy použít jeho teorii pro danou problematiku, jelikož nevycházela korelace mezi anizotropií ohybové tuhosti a splývavostí. Sidabraite opomenul jisté faktory, například plošnou hmotnost a smykové tření.

Kovačič (5, str. 46) zahrnuje tuhost v ohybu a splývavost do kategorie stálosti tvaru. Uvádí, že splývavost souvisí s tuhostí v ohybu, s čímž naprosto souhlasím a v experimentální části se to budu snažit dokázat.



Obr. 9 – Vpravo: 12 testovaných směrů, vlevo: úhel směru stříhání
Zdroj: (13, str. 112)

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 METODY MĚŘENÍ A POUŽITÉ PŘÍSTROJE

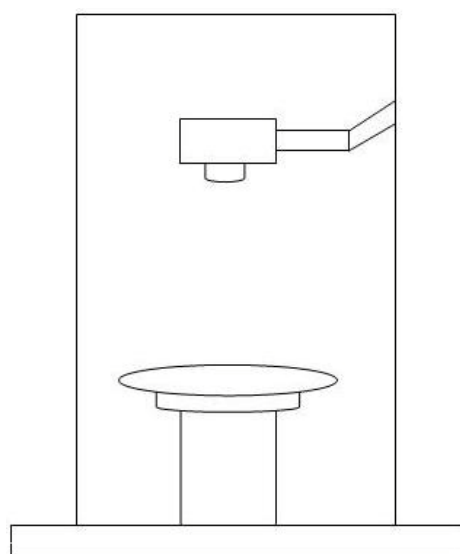
Splývavost

Pro měření splývavosti existuje několik metod měření. Většina metod měření splývavosti je založena na stanovení změny tvaru vzorku na vodorovné ploše a při zavěšení v prostoru.(5, str. 49)

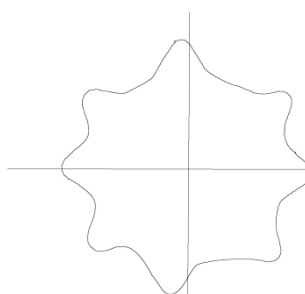
Splývavost tkanin byla měřena na kruhovém vzorku o průměru 30cm, který se připevnil u středu na plastový kruh o průměru 18 cm. Ten byl upevněn na podstavec o výšce 19,2cm. Vzorek byl zafixován a focen fotoaparátem značky Olympus C-5060. (Princip je schematicky zakreslen na obr. 10). Před každým dalším focením s ním bylo zatřesenó – byl vykonán horizontální pohyb s velkou amplitudou. Fotoaparát byl 62cm od podložky, na které byl postaven podstavec pro plastový kruh. Všechna měření proběhla minimálně 15x na každém vzorku.

Po nafocení tvarů, které vznikly třesením vzorku, bylo pro další měření použito programu NIS – ELEMENTS AR 2.30, kde byl z fotografie pomocí autodetekce vytvořen obrys tvaru, na kterém byl vyznačen střed pro budoucí aplikaci růžice. Celý vzniklý obraz byl konvertován do černobílých odstínů a uložen jako .bmp.(viz obr. 11)

V programu GIMP 2 byly opět konvertovány barvy, protože byl potřeba černý obrys a bílé pozadí. Poté byl použit Adobe Photoshop 7.0, kde bylo



Obr. 10 – Schéma Drapemtru s upevněným fotoaparátem.

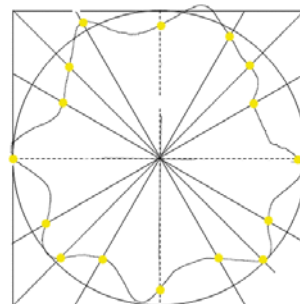


vzniklý obraz byl konvertován do

Obr. 11 – Tvar, který vznikl díky detekci v NISu a transformaci barev v Malování

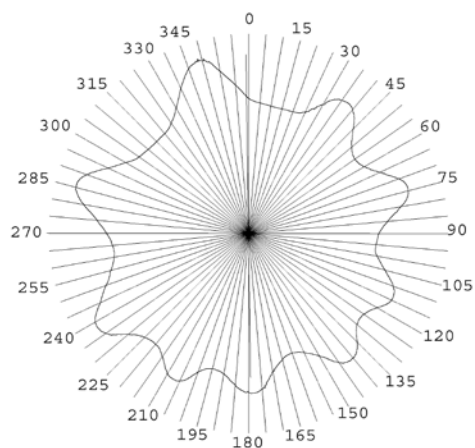
zprůhledněno foto připravené růžice a foto obrysu splývavosti a růžice byla aplikována přes sebe tak, aby se překrývaly připravené středy.

Připravené obrysy s růžicemi byly opět zpracovány v programu NIS – ELEMENTS AR 2.30, kde byla měřena vzdálenost od středu k místu průsečíku přímek růžice a obrysu splývání (na obr. 12 vyznačeny žlutými body). Toto měření bylo provedeno na všech fotografiích vzorků v 16i pozicích, které určuje růžice. Data měření byla automaticky nastavena pro odesílání do programu Microsoft Excel, kde každý obraz má svou záložku se 16i daty. Ze všech 16i pozic z každého obrazu byly vytvořeny průměry, což byla výchozí data pro vytvoření polárního grafu, jenž bude sloužit k porovnání s polárními grafy z dalších měření.



Obr.12 – Aplikovaná růžice s 16i polohami

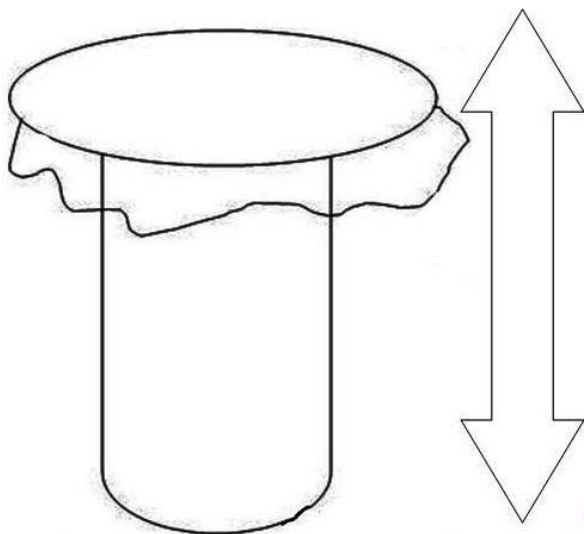
Vzhledem k tomu, že bylo zapotřebí přesnějších dat, aby byly tvary blízko reálné podobě fotografií, byla splývavost naměřena ještě jednou, a to s růžicí, která měla vzdálenost os 5° , což znamená, že na všech vzorcích je změřeno 72 pozic, to je vidět na obrázku 13 hned vedle tohoto odstavce.



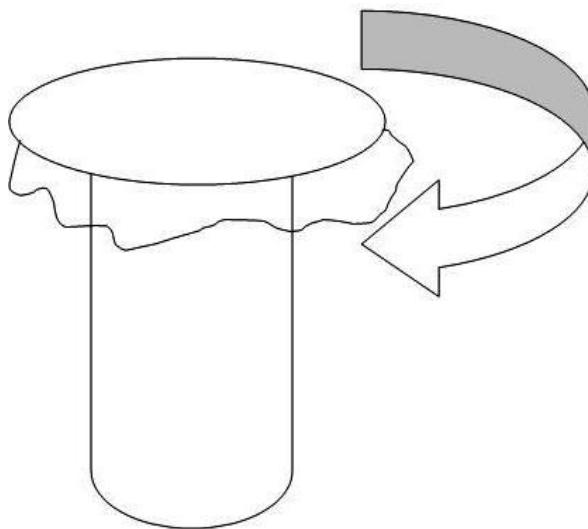
Obr.13– Aplikace růžice po 5°

Splývavost byla měřena na vzorcích 15 a 13 (15_1_x, 15_2_x, 13_2_x, 13_3_x).

Po analýze všech vyfocených splývavých tvarů byly v programu NIS Elements 2.3 u každého vzorku naměřeny vzdálenosti úseček od středu vzorku k průsečíku vzorku a růžice (15_1_x, 15_2_x, 13_2_x, 13_3_x), z nich byly zpracovány statistické údaje v MS Excelu. V tabulkách tudíž můžete vidět průměrné hodnoty pro všechna měření, směrodatnou odchylku, nejnížší a nejvyšší hodnotu, konfidenci, dolní a horní hranici – viz příloha 1 pro vzorek 15_1_x, příloha č.2 pro vzorek 15_2_x, příloha č.3 pro vzorek 13_2_x a příloha č.4 pro vzorek 13_3_x.



Obr. 14 – Vertikální pohyb s velkou amplitudou.



Obr. 15 – Schéma rotace

Měření splývavosti bylo provedeno obdobnými metodami, které aplikují například autoři článků uvedených v rešeršní části této práce. Jejich princip však spočívá v rotačním pohybu při měření, což je vidět na schematicém obrázku 15. V této práci je experimentálně použit nový princip, kdy se vzorkem pohybuje ve vertikálním směru s velkou amplitudou, to je vidět na obrázku 14.

Ohybová tuhost

Dle Kovačiče (5, str. 46) se metody měření ohybové tuhosti dělí na statické a dynamické. Mezi statické patří metoda měření dle Sommera, modifikovaná metoda měření dle Sommera, Cantiveler test atd. K metodám dynamickým zařadil například metodu podle Schieffera nebo metodu cyklického zatěžování dle Bekka.

V praktické části této práce bylo pro měření ohybové tuhosti použito prvních tří zmíněných metod – KES FB2, metodu převisu a TH-7.

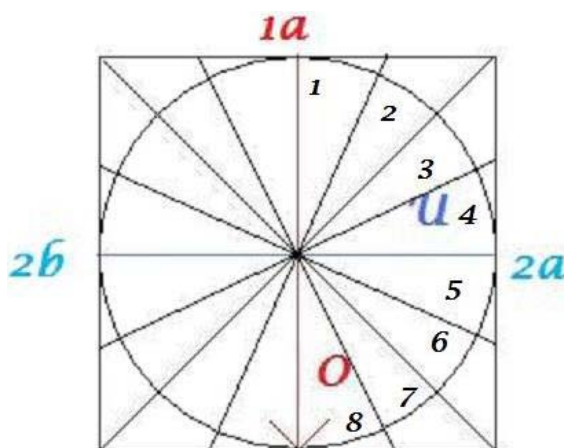
Metoda měření převísem

Ohyb metodou převísu byl měřen na inovovaném prototypu přístroje, na jehož konstrukci se podílela paní Ing. Fridrichová, Ph.D. Všechny vzorky byly otáčeny ve směru hodinových ručiček, ohýbaly se postupně polohy na vzorku 1A, 2A, 1B, 2B, jak je vidět na obrázku 14. Ohyb všech čtyř poloh každého

vzorku byl fotografován digitálním fotoaparátem FUJI, z kterého byly fotografie uloženy do počítače a tam dále zpracovávány v programu NIS ELEMENTS AR 2.3. Vzniklou fotografii je možno vidět na obrázku 16. Prototyp přístroje, jehož podobu je možno vidět na obrázku 15, na měření převísu se skládá ze dvou stolků. Druhý stolek je po položení vzorku a spuštění kamery snížen. Po snížení druhého stolku prototypu přístroje má vzorek prostor ohnout se pod vlastní vahou, protože mu chybí podpora.

Postup měření popisuje ve své práci Odehnalová (14, str.37-38). Nejprve

je vzorek položen na obě části přístroje (na přístroji jsou narýsované hranice pro jednotlivé velikosti vzorku) a k měřítku se přiloží pojmenování vzorku, aby nemohlo dojít k záměně. Následně je spuštěna kamera. Doba, za kterou bude křivka ohybu vyfotografována, je nastavena na 10 sekund. Předtím musí experimentátor snížit druhý stolek přístroje a umožnit tak ohyb. Kamera vzorek vyfotografuje a celý proces se neustále opakuje, až do proměření



Obr. 16 – Uspořádání poloh na vzorku



Obr. 17 – Prototyp přístroje Cantilever test dle L. Fridrichové

všech čtyř poloh celé série vzorků. Do počítače je zapsána identifikace vzorku a měřené polohy např.: M15_3_1B. Převís vzorku M15_3 v poloze 1B je znázorněn na obrázku 18.



Obr. 18 – Způsob focení vzorků metodou převisu

Měření na přístroji KES FB-2

V práci Hese a Sluky (3, str.16) je uvedeno, že systém KES (Kawabata Evaluation System) vyvinutý Prof. Kawabatou a dodávaný japonskou firmou KATO tvoří sada čtyř přístrojů, které měří 15 charakteristik plošných textilií v rozsahu běžného namáhání oděvních textilií při nošení. Tento postup se nazývá FOM – Fabric Objective Measurement.

Pro přístroj KES FB2 jsem nejprve vytvořila 8 vzorků 20x20cm ze zelené syntetické tkaniny. Vzorky ze zelené syntetické tkaniny byly nastříhány tak, že každý další vzorek (č. 2-8) je pootočen o 22,5°. V druhé fázi měření na tomto přístroji jsem použila vzorky 10x10cm z tkaniny s keprovou vazbou. Na obrázku 17 je přístroj KES FB-2.



Obr. 19 – KES FB-2

Jak pracuje přístroj KES FB-2 a TH-7 – rozdíly

Díky soustavě strojů KES je možné měřit několik vlastností textilií, ale pro účely této práce bylo zvoleno měření ohybu, které se provádí na modelu FB-2. Principiálně je způsob měření ohybu téměř totožný jako pomocí TH-7, rozdíl je jen v poloze čelistí, které vzorek ohýbají. TH-7 má vertikálně postavené čelisti, kdežto KES FB2, použitý pro účely této bakalářské práce, horizontálně, z čehož je jedna pevná a druhá pohyblivá. Druhým rozdílem je pak velikost vzorku. Pro TH-7 jsem použila vzorky 5x5cm a pro KES FB2 20x20cm a v druhé fázi měření 10x10cm. Proto je velmi zajímavé porovnávat výsledky naměřené na těchto dvou přístrojích. Můžeme tedy na základě získaných výsledků ověřit i přesnost měření obou přístrojů a vyřknout závěry o tom, zda jsou pro ohyb důvěryhodnými oba použité přístroje.

Měření na přístroji TH-7

Připravené čtvercové i kruhové vzorky, které měly rozměry 5x5cm, v případě kruhu průměr 5cm, se upevnily do čelistí, které se ohýbají. Přístroj je propojen s počítačem a díky programu, ve kterém se hodnoty zobrazují, můžeme výsledky uložit jako soubor MS Excel. Z přiloženého schémata TH-7 na obrázku 29 je patrné, že měřit můžeme ve 3 polohách – P1, P2 a P3. Já jsem pro své účely zvolila P1 – P3.

TH – 7 neměří ohybovou tuhost nýbrž ohybovou sílu. Proto musíme pro stanovení hledané tuhosti použít následující vztahy (viz norma ČSN 80 0858):

$$M_o = F_1 * K \qquad F_1 = F * B \qquad K = \frac{l}{b}$$

Z uvedených vztahů jsou:

M_o ohybová tuhost na 1 cm [mN.cm],

F_1 ohybová síla (snímaná čelistí),

l délka oblouku kružnice (tj. délka vzorku při vychylce o úhel j),

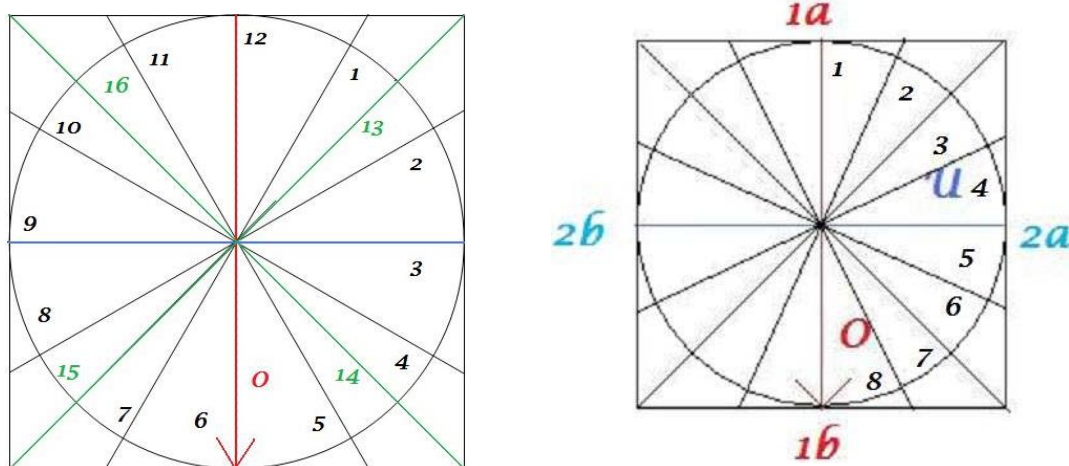
b šířka vzorku.

Vzorky, které jsou na obrázku 20 níže, v sobě zahrnují jak čtvercové tak i kruhové. Nejprve jsem pracovala se čtverci a teprve poté jsem z nich vystříhala kruhy, abychom ušetřili materiál, kterého již máme nedostatek.

V první fázi měření jsem pracovala pouze se vzorky, které jsou z přírodního materiálu a teprve postupným bádáním vznikla potřeba naměřit i jiný materiál a jiným způsobem, ale v měření čtvercových vzorků se nic nemění. Všechny byly měřeny v polohách 1a, 2a, 1b, 2b. Přičemž hodnoty 1a a 1b by měly být totožné, což platí také o hodnotách 2a a 2b.

Po proměření čtvercových vzorků jsem pokračovala v práci s kruhovými vzorky, v počátcích jsem pracovala s přírodními materiály a navazovala jsem tím na práci L. Fridrichové a dalších studentů, kteří se již měřením na TH-7 zabývali. Proto je tento vzorek (na obr. 20 vlevo) označen jinak, než kruhový vzorek pro syntetické materiály. Ten jsem se totiž rozhodla měřit po $22,5^\circ$.

Kruhový vzorek na obrázku 20 vlevo má 12 fází po 33° a jsou přidány další 4 fáze, které jsou vždy v půlce kvadrantu, tudíž mají úhel 45° . Tento vzorek jsem proto měřila celkem v 16 pozicích. Kdežto vzorky pro syntetický materiál mají kvadrant rozdělaný na 4 části, které jsou od sebe vždy $22,5^\circ$. Vzhledem k tomu, že je vše souměrné jsem tedy volila měření jen v 8 fázích vzorku, jelikož dalších 180° by mělo být zrcadlově totožných.

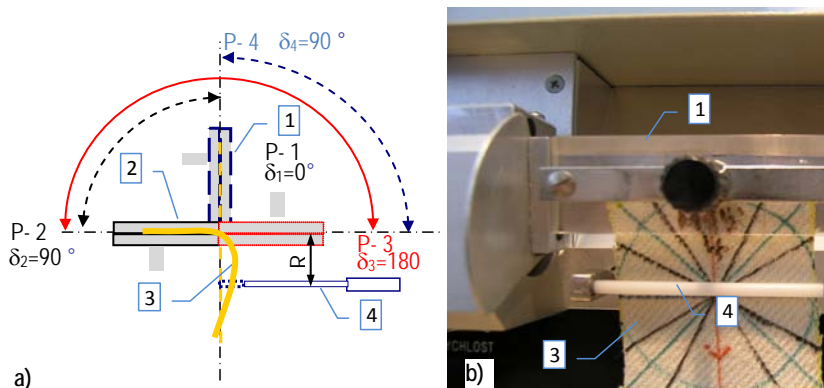


Obr. 20 - Připravený vzorek pro TH-7 (vlevo: přírodní tkanina, vpravo: syntetická tkanina)

V rukopisu habilitační práce Fridrichové (15, RUKOPIS) je popsána inovace přístroje TH-5, ze kterého byl sestrojen přístroj TH-7. Zároveň je i popsána metodika měření anizotropie čtvercových a kruhových vzorků, ze které vychází tato bakalářská práce. „Inovaci přístroje TH-5, na kterém bylo možné měřit pouze obdélníkové vzorky $2,5 \times 5$ cm, vznikl přístroj TH-7. Přístroj měří- ohybovou sílu, hysterezní křivku ohybu, dále pak

ohybovou sílu a hysterezní smyčku pro cyklické namáhání – 10 cyklů ohýbání. Naměřená data jsou ukládána do datového souboru s formátem csv. Zobrazený graf hysterezní křivky je ukládán do grafického souboru s formátem png.

Na přístroji lze měřit netextilní materiály, jakou jsou: papír, fólie, membrány, ale přístroj byl konstruován především pro měření textilních materiálů, jako jsou: vlákna, příze, tkaniny, pleteniny, netkané textilie. Přístroj disponuje třemi rozsahy měření. Rozsah 40 mN je určen pro vlákna, příze a plošné textilie, tj. materiály s nízkou hodnotou ohybové tuhosti. Rozsah 400 mN se používá pro materiály se střední ohybovou tuhostí, jako jsou: dytýny, manšestry, atd. Rozsah 4 000 mN je určen pro materiály s vysokou ohybovou tuhostí, jako jsou bytové textilie. Ohýbat lze materiály s maximální tloušťkou 1.5 mm. Přístroj TH-7 je konstruován tak, že měří ohybovou sílu F [mN] pro různou šířku vzorku, maximálně však 5 cm. Délka vzorku je doporučena 50 mm, lze však měřit i textilie s délkou 25 mm. Vzdálenost mezi upínací a snímací čelistí je 14 mm. Naměřenou ohybovou sílu F [mN] lze pomocí koeficientu κ přepočítat na ohybovou tuhost B [mN.cm]. Schéma ohybu textilie je znázorněno na obrázku 21a.



Obr. 21 (a) Schéma ohýbání vzorku na přístroji TH-7 1-upínací čelist. 2- otočená čelist do polohy 90°. 3- textilní vzorek. 4- čidlo snímající ohybovou sílu. (b) Fotografie vzorku upnutého v čelisti přístroje TH-7.

Jak je patrné z obr. 21a) b) horní část vzorku je upnuta do pohyblivé čelisti (1). Čelist (1) s upnutým vzorkem (3) se otočí do polohy (2). Vzorek se dotýká čidla (4), které snímá

ohybovou silu. Čidlo má tvar písmene U což umožní vzorek ohýbat o 90° do obou směrů. Ohnutí vzorku do obou směrů je ukázáno na schématu obrázku 4.



Obr. 22. (a) TH-7 poloha 0° (b) TH-7 poloha 90° -líc (b) TH-7 poloha 90° -rub

Pro ověření principu měření ohybové tuhosti na přístroji TH-7 byl vytvořen model ohybu v programovém prostředí MathCad. V daném případě, simulace ohybu na přístroji TH-7, řešíme ohybovou tuhost při zadaných velkých deformacích.



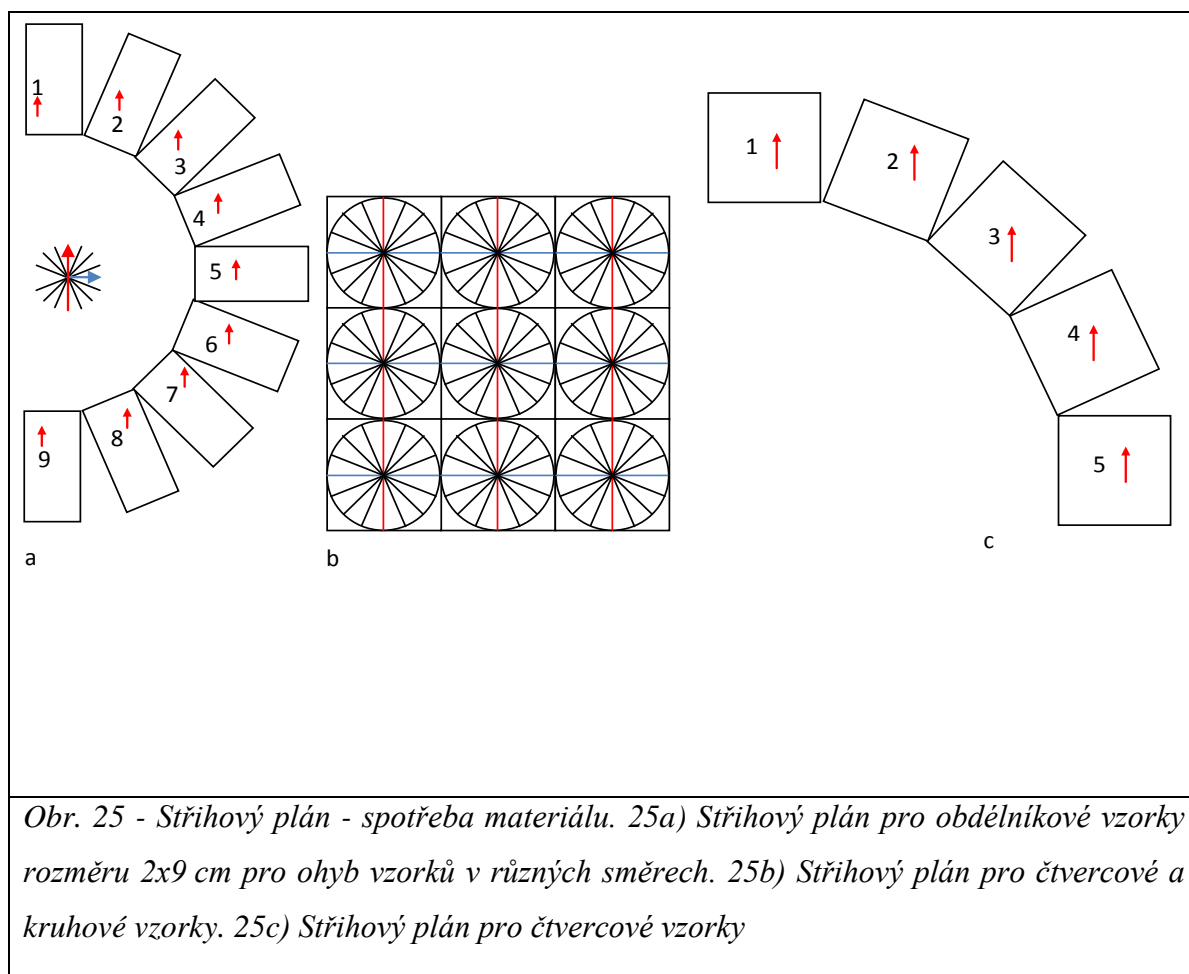
Obr. 23 – Přístroj TH-7



Obr. 24 - (a) Přístroj KES-FB2



(b) Přístroj TH-7



“

2.2 VYHODNOCENÍ EXPERIMENTŮ

Použitý materiál

Tabulka 2 – Použité tkaniny

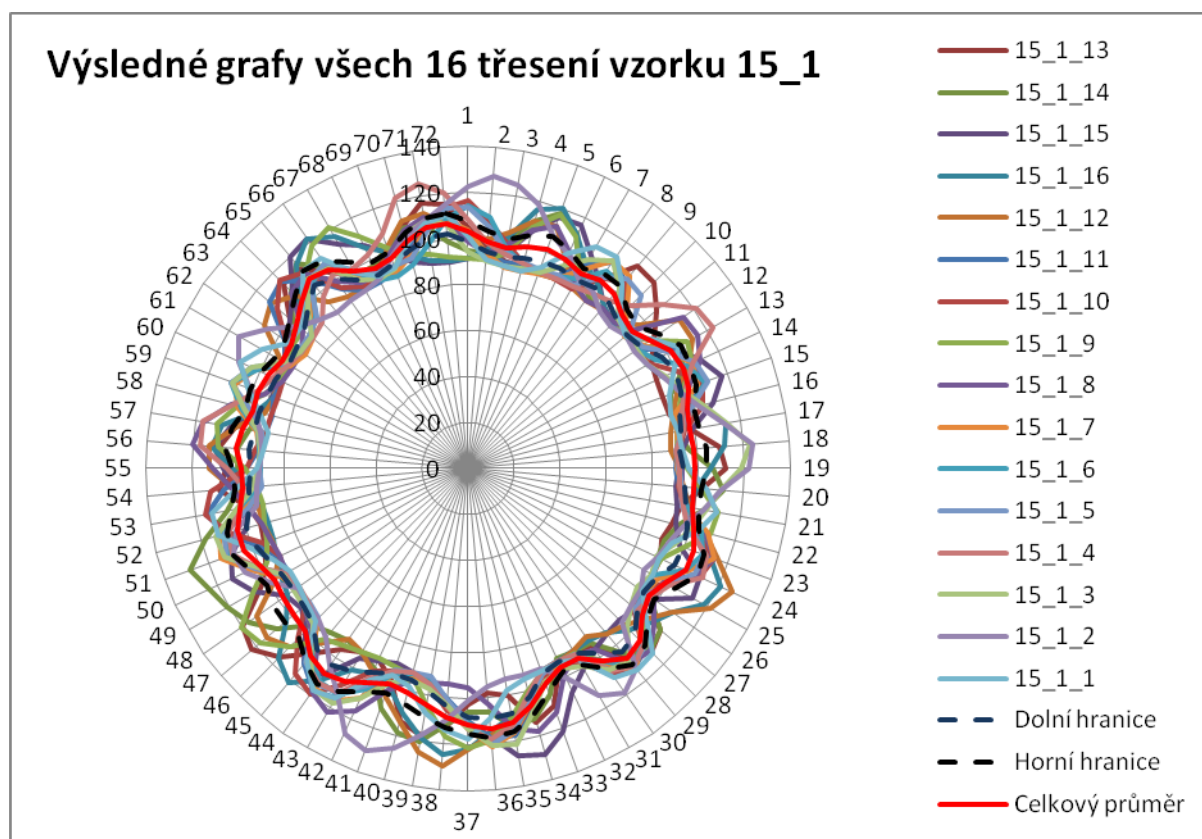
Označení tkaniny	Vazba tkaniny	Materiálové složení tkaniny
13_x	Kepr 2/1 Z	100% Bavlna (29,5 tex)
15_x	Kepr 1/4 S	100% Bavlna (29,5 tex)
Z_x	Plátňová vazba	55% Vlna/45% Polyester

Splývavost

Data vzorku 15_1_x

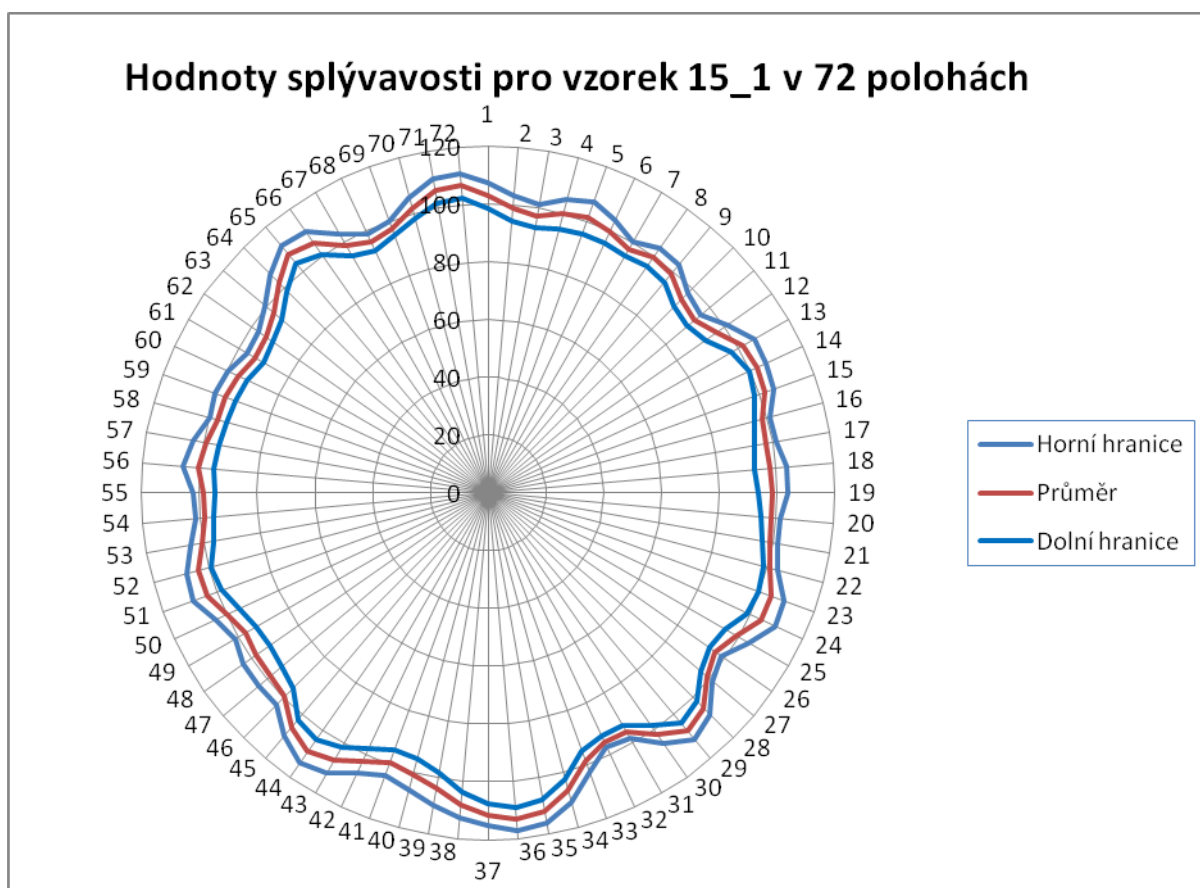
Tento vzorek byl natřásán celkem 16x, tudíž v následujících dvou tabulkách jsou zpracována statistická data z 16ti souborů dat.

V prvním polárním diagramu (obr. 26) je zaneseno všech 16 obrysů vzniklých ze změření 72 poloh, jak se měnily při jednotlivých natřásáních, zároveň je tam i doplněna horní a dolní hranice a průměrný tvar.



Obr. 26 – Zpracované splývavé tvary vzorku 15_1 ze všech 16 třesení

V druhém polárním diagramu (obr. 27) pro vzorek 15_1 je zanesen pouze průměrný tvar vyšlý z 16i měření, včetně horní a dolní hranice pro naměřené hodnoty.

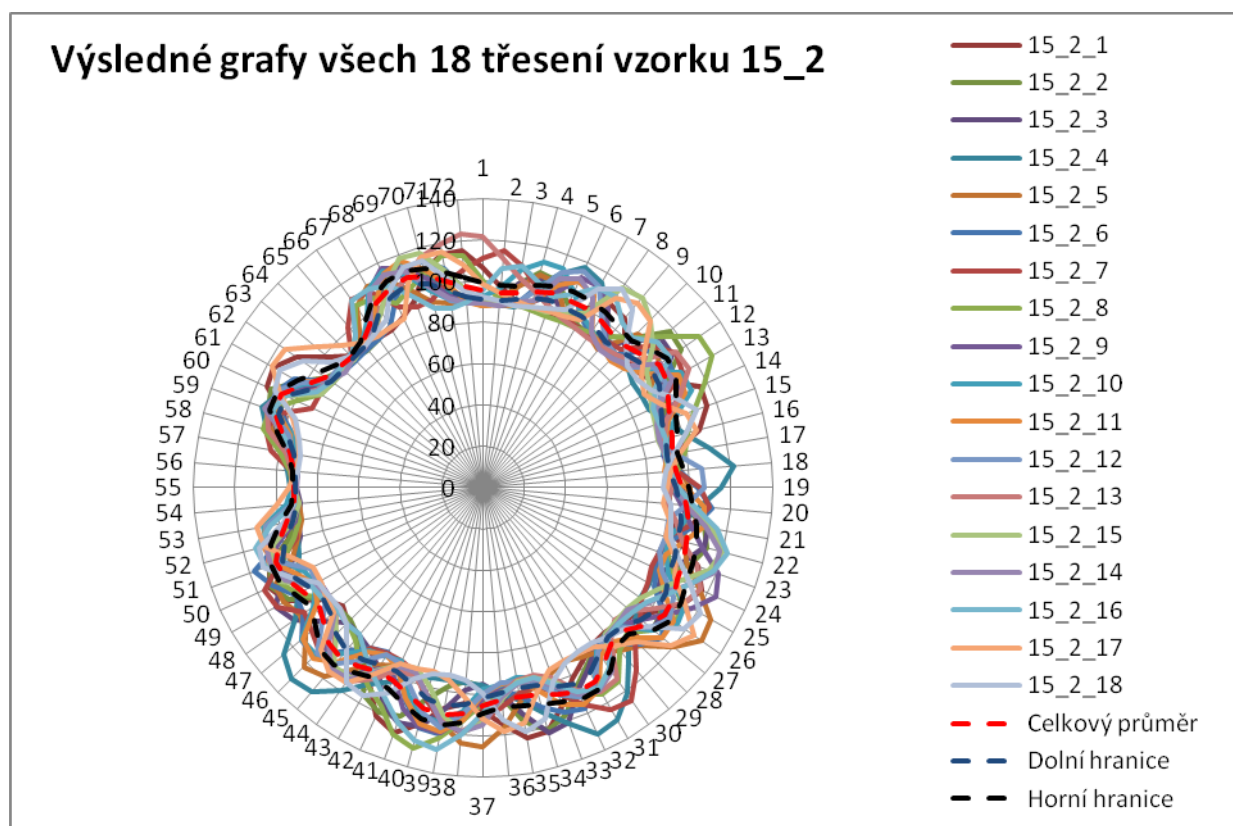


Obr. 27 – Zobrazuje horní hranici, dolní hranici a průměr všech třesení vzorku 15_1.

Data vzorku 15_2_x

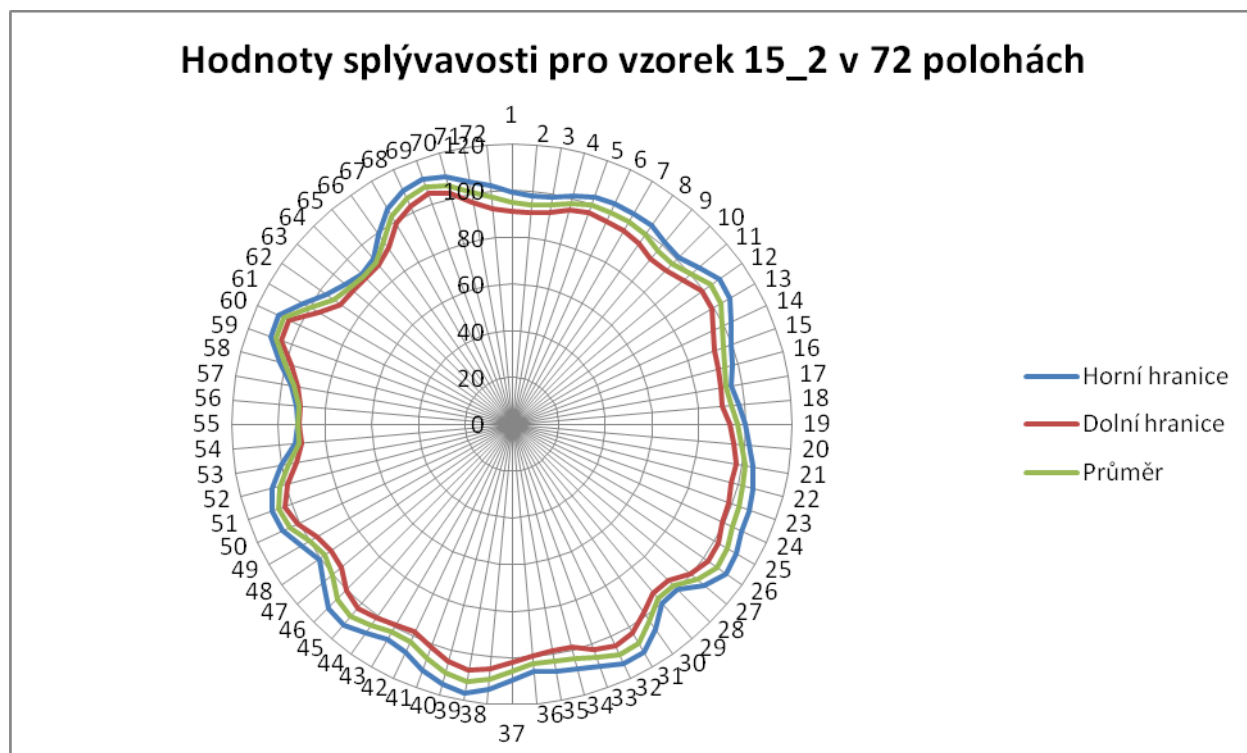
Tento vzorek byl natřásán celkem 18x, tudíž v následujících dvou grafech jsou zpracována data z 18ti souborů dat.

Na obrázku 28 jsou vidět všechny naměřené tvary pro 18 natřásání, včetně horní a dolní hranice a průměrného tvaru všech měření na tomto vzorku. Princip měření je shodný jako u vzorku 15_1.



Obr. 28 – Zpracované splývavé tvary ze všech 18i měření vzorku 15_2

Polární diagram (obr. 29) znázorňuje průměrný splývavý tvar vzorku 15_2 a jeho horní a dolní hranici.

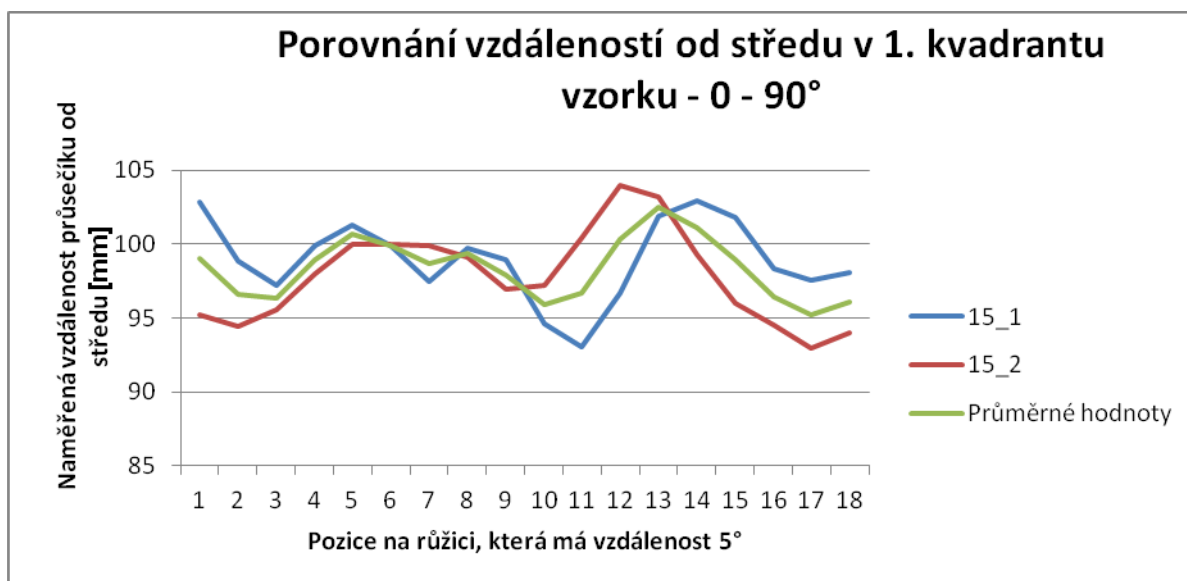


Obr. 29 - Zobrazuje horní hranici, dolní hranici a průměr všech třesení vzorku 15_2.

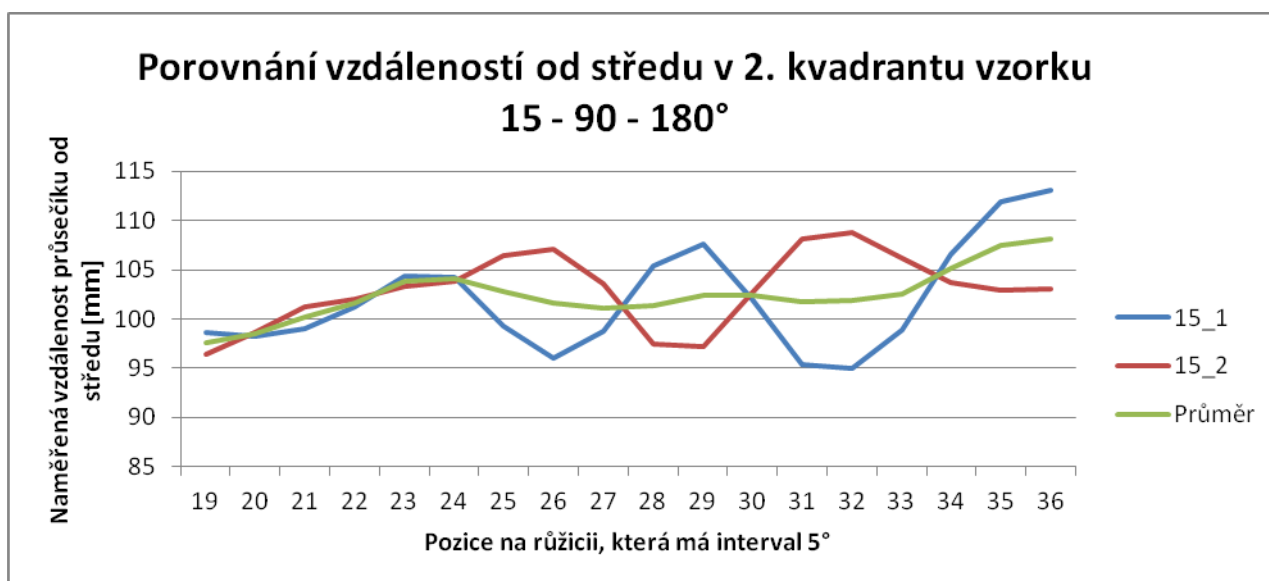
Porovnání průměrných hodnot vzorků 15_1 a 15_2

V této podkapitole jsou grafy, které znázorňují vztah vzorku 15_1 a 15_2, pro úplnost byla přidána i průměrná hodnota těchto dvou vzorků.

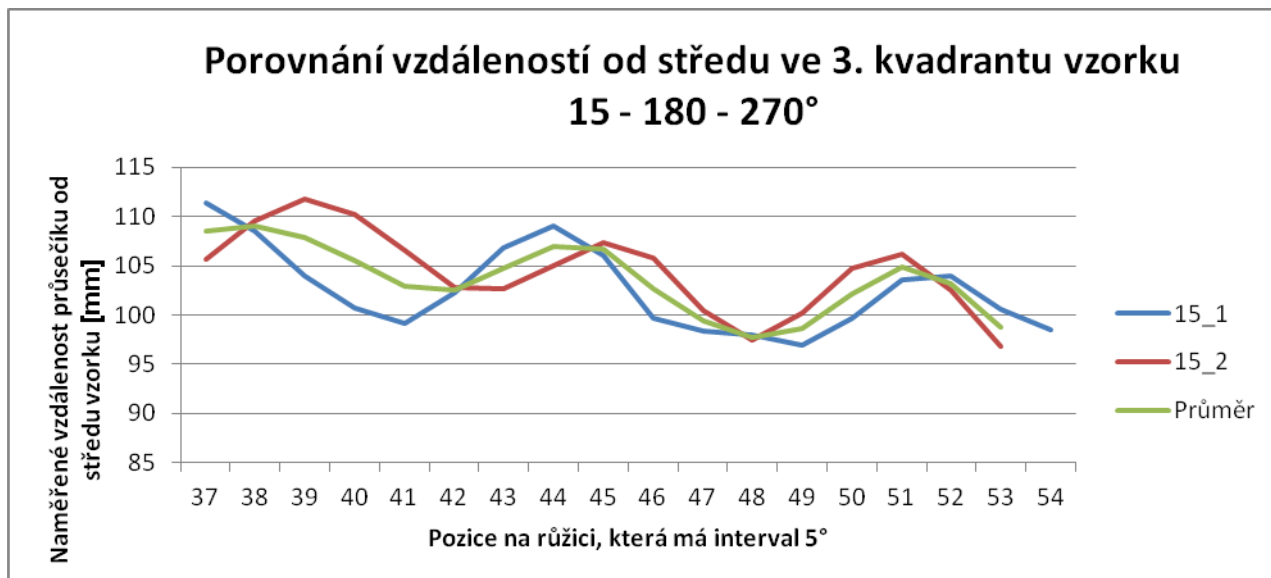
Pro větší přehlednost byl splývavý tvar rozdělen do 4 kvadrantů, které jsou v intervalu 90° a zanesen do sloupcového grafu, který názorně ukazuje, jak se data měnila ve stejné fázi třesení v různých pozicích. První kvadrant má rozmezí $<0^\circ, 90^\circ>$ (viz obr. 30), druhý kvadrant má rozmezí $(90^\circ, 180^\circ>$ (viz obr. 31), třetí kvadrant má rozmezí $(180^\circ, 270^\circ>$ (viz obr. 32) a čtvrtý kvadrant má rozmezí $(270^\circ, 360^\circ>$ (viz obr. 33). V každém kvadrantu je 18 hodnot, jelikož tvary jsou naměřeny pro každých 5° intervalu.



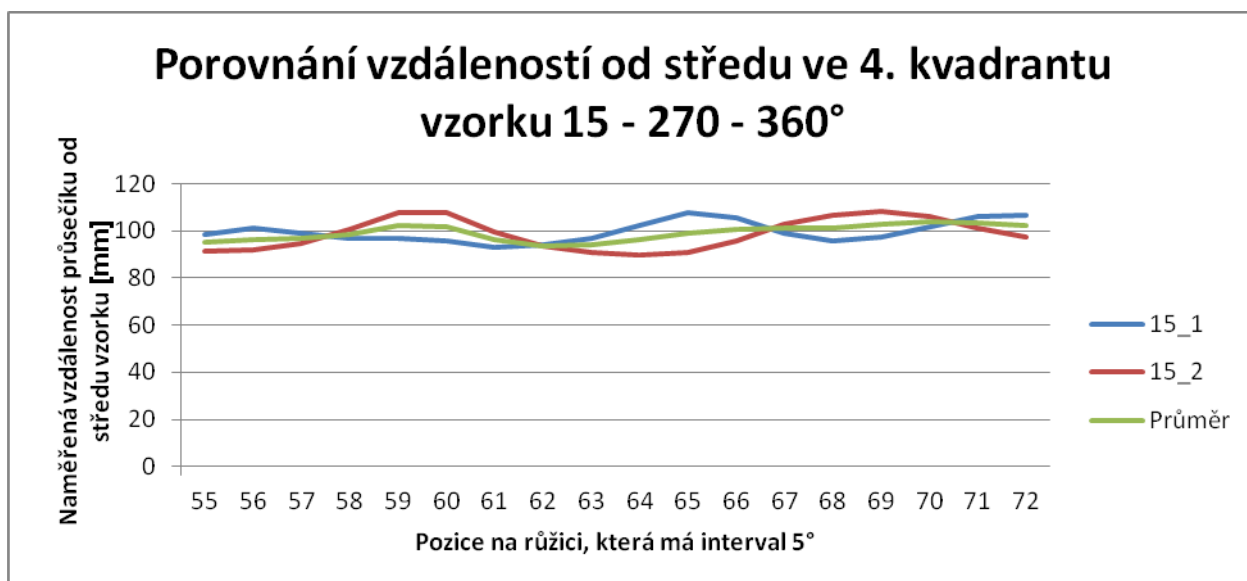
Obr. 30 – Porovnání průměrných hodnot naměřených ze vzorků 15_1 a 15_2 v 1. kvadrantu růžice, který má rozsah $0 - 90^\circ$.



Obr. 31 - Porovnání průměrných hodnot naměřených ze vzorků 15_1 a 15_2 ve 2. kvadrantu růžice, který má rozsah 90 – 180°.



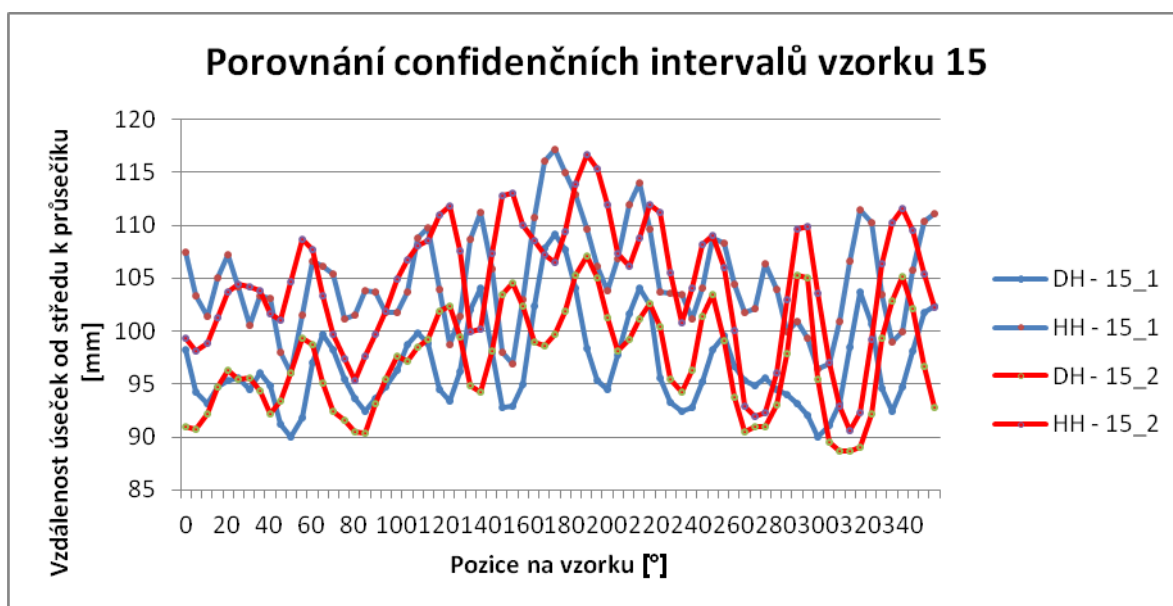
Obr. 32 - Porovnání průměrných hodnot naměřených ze vzorků 15_1 a 15_2 ve 3.kvadrantu růžice, který má rozsah 180 – 270°.



Obr. 33 - Porovnání průměrných hodnot naměřených ze vzorků 15_1 a 15_2 ve 4.kvadrantu růžice, který má rozsah 270 – 360°.

Překrytí confidencečních intervalů vzorku 15

Pro porovnání confidencečních intervalů a jejich překrytí byl vytvořen spojnicový graf, kde jsou uvedeny horní a dolní hranice pro vzorky 15_1 a 15_2. Z obrázku 34 je patrné, že se plochy překrývají. Ačkoli ne zcela, takže musíme použít více vzorků pro přesnost měření.

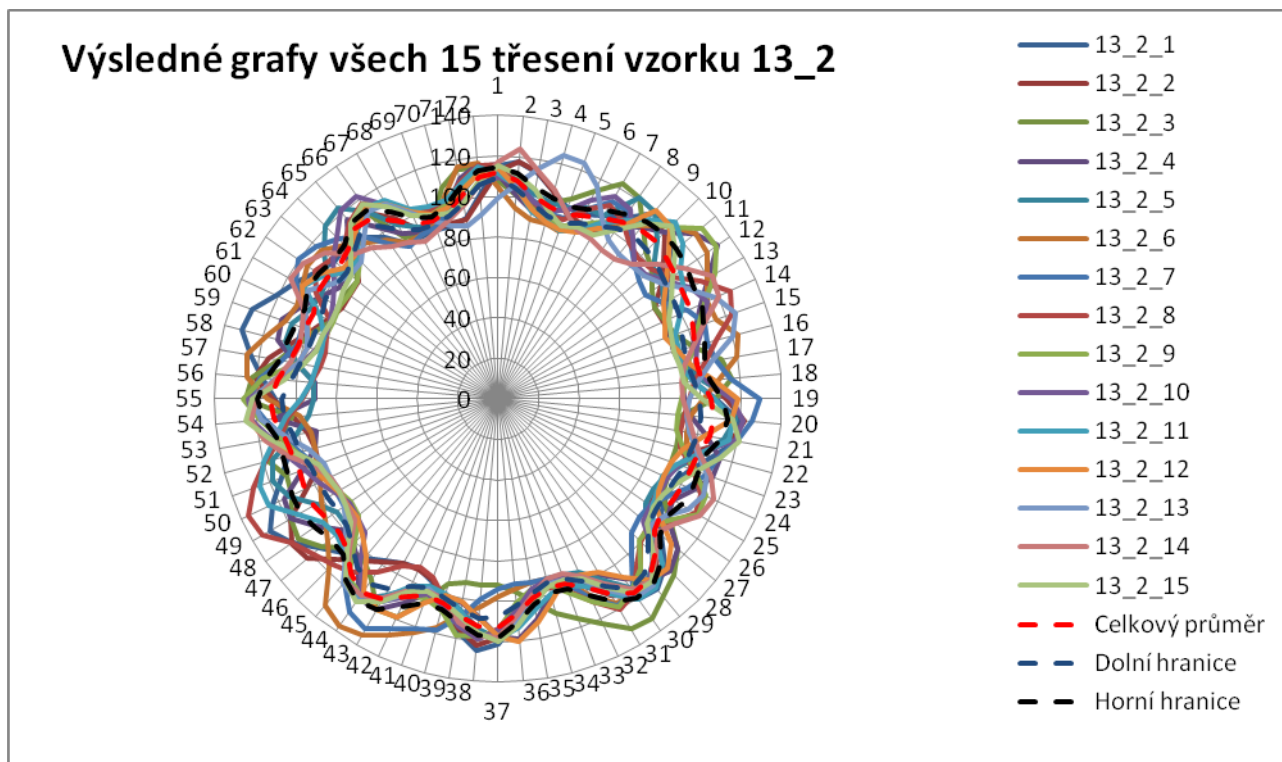


Obr. 34 – Porovnání confidenčních intervalů vzorků 15_1 a 15_2.

Data vzorku 13_2_x

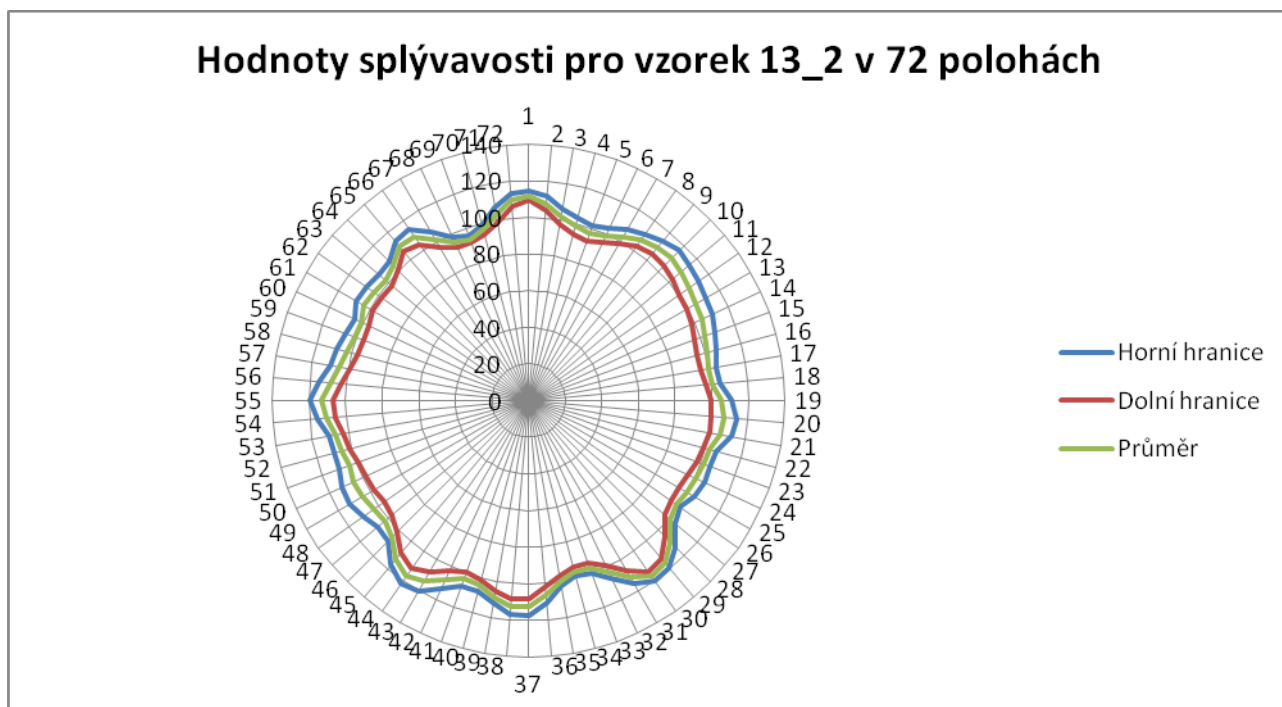
Tento vzorek byl natřásán celkem 15x, tudíž v následujících dvou tabulkách jsou zpracována data z 15ti souborů dat.

Na obrázku 35 jsou vidět všechny naměřené tvary pro 15 natřásání, včetně horní a dolní hranice a průměrného tvaru všech měření na tomto vzorku. Princip měření je shodný jako u vzorku 15_1.



Obr. 35 - Zpracované splývavé tvary vzorku 13_2 ze všech 15 třesení.

Na obrázku 36 je opět znázorněný pouze průměrný tvar splývavosti a horní a dolní hranice pro vzorek 13_2.

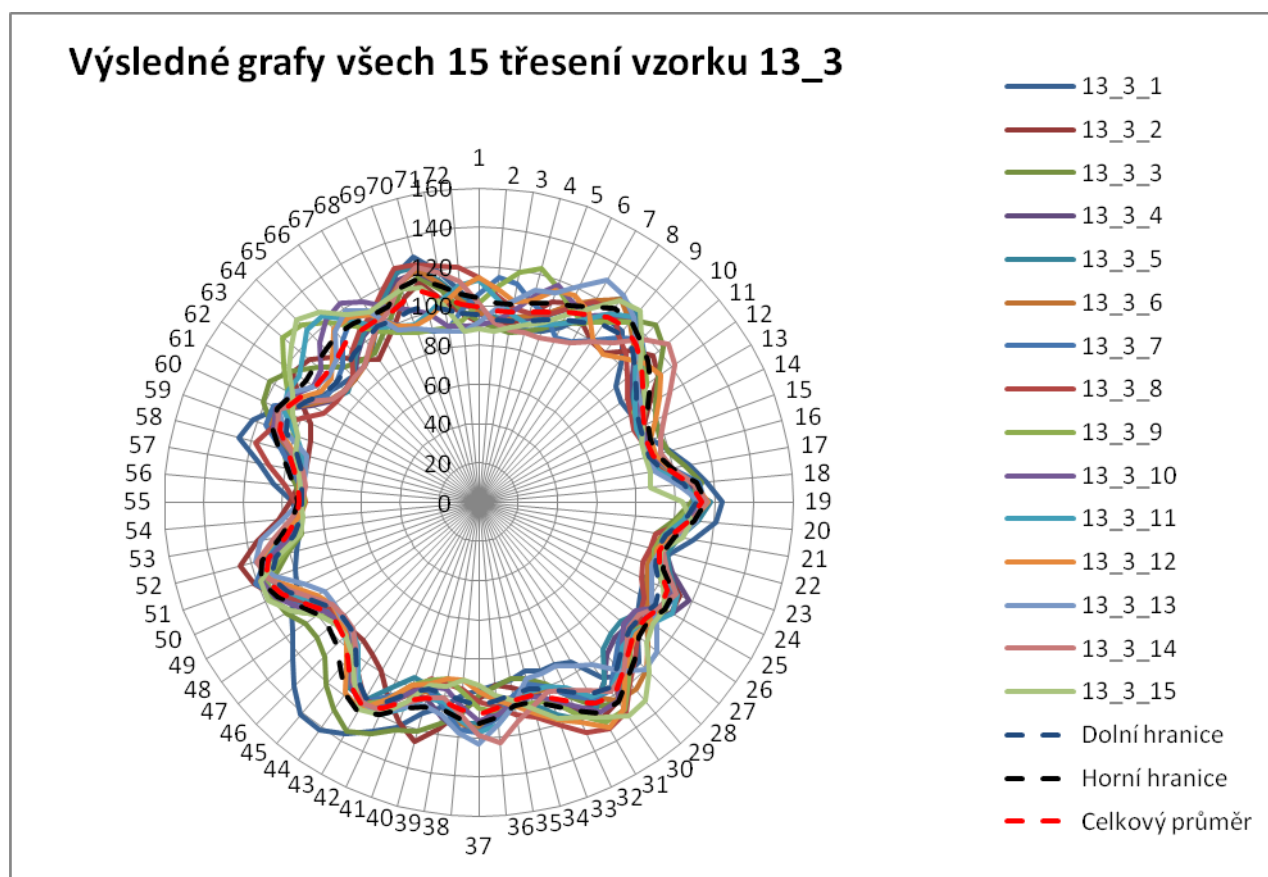


Obr. 36 - Zobrazuje horní hranici, dolní hranici a průměr všech třesení vzorku 13_2.

Data vzorku 13_3_x

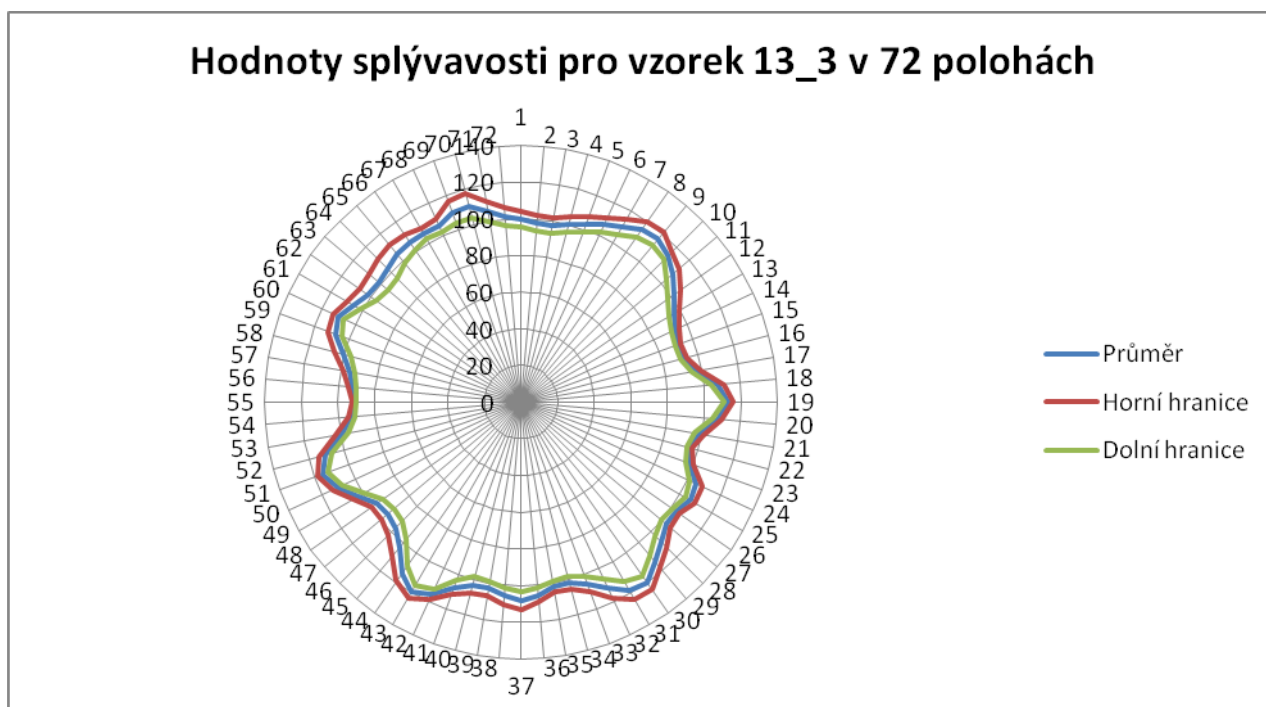
Tento vzorek byl natřásán celkem 15x, tudíž na následujícím obrázku č. 37 jsou zpracována data z 15ti souborů dat. Na obrázku 38 jsou poté vidět horní hranice, dolní hranice a průměrný tvar vzorku 13_3.

Na obrázku 37 jsou vidět všechny naměřené tvary pro natřásání, včetně horní a dolní hranice a průměrného tvaru všech měření na tomto vzorku. Princip měření je shodný jako u vzorku 15_1.



Obr. 37 – Zpracované splývavé tvary vzorku 13_3 ze všech 15 třesení.

Polární diagram (obr. 38) znázorňuje průměrný splývavý tvar vzorku 13_3 a jeho horní a dolní hranici pro vzorek 13_3.

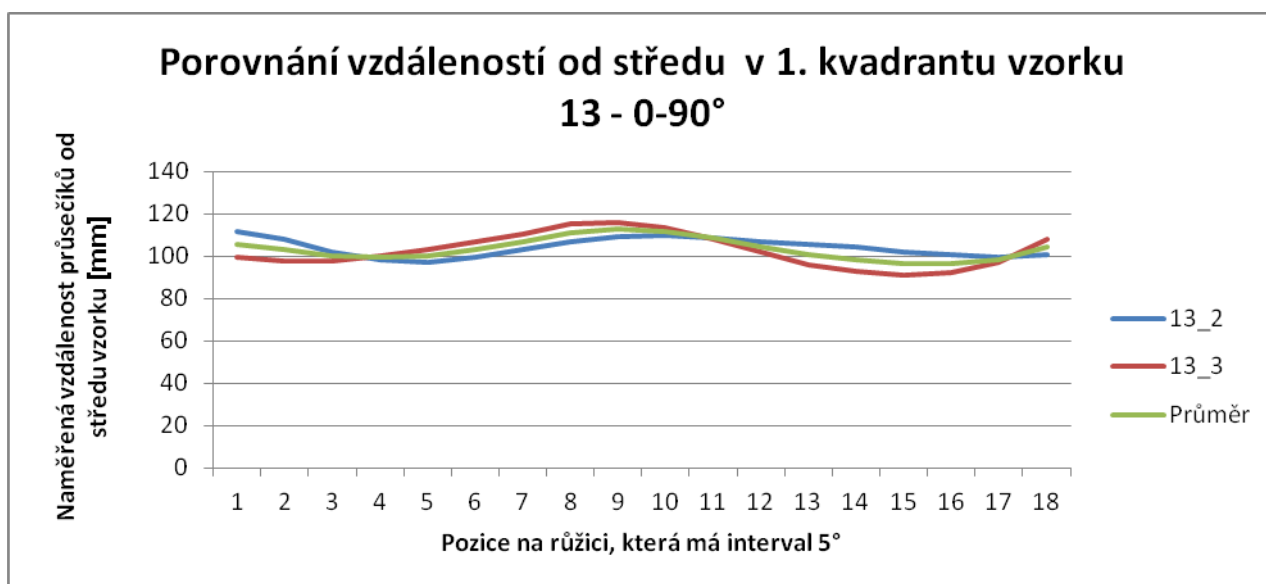


Obr. 38 - Zobrazuje horní hranici, dolní hranici a průměr všech třesení vzorku 13_3.

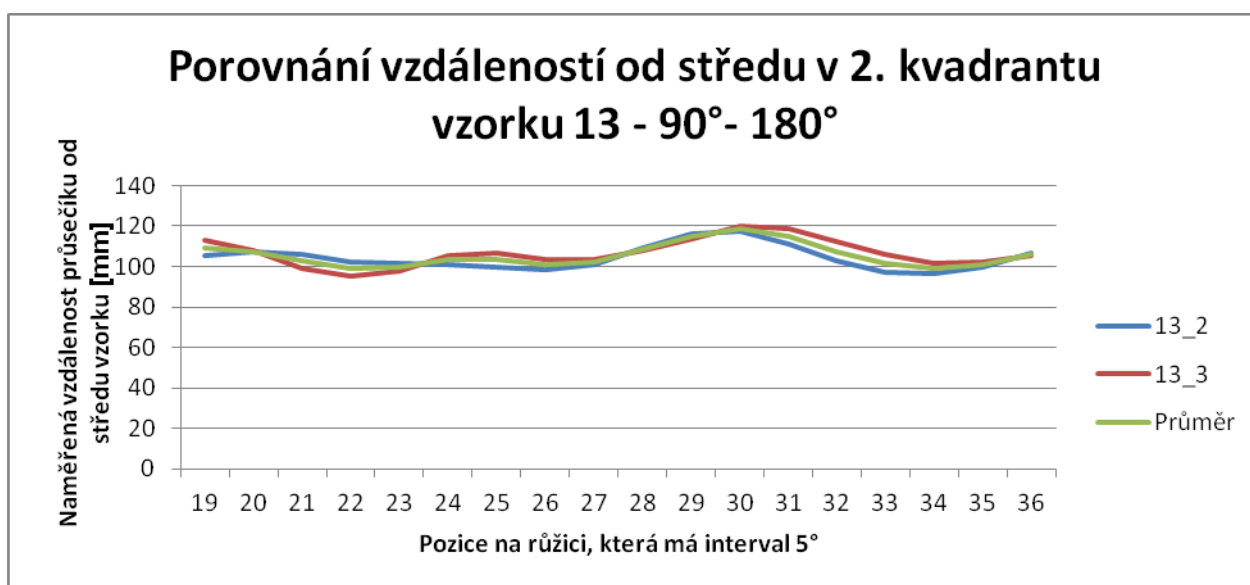
Porovnání průměrných hodnot vzorků 13_2 a 13_3

V této podkapitole jsou grafy, které znázorňují vztah vzorku 13_2 a 13_3, pro úplnost byla přidána i průměrná hodnota těchto dvou vzorků.

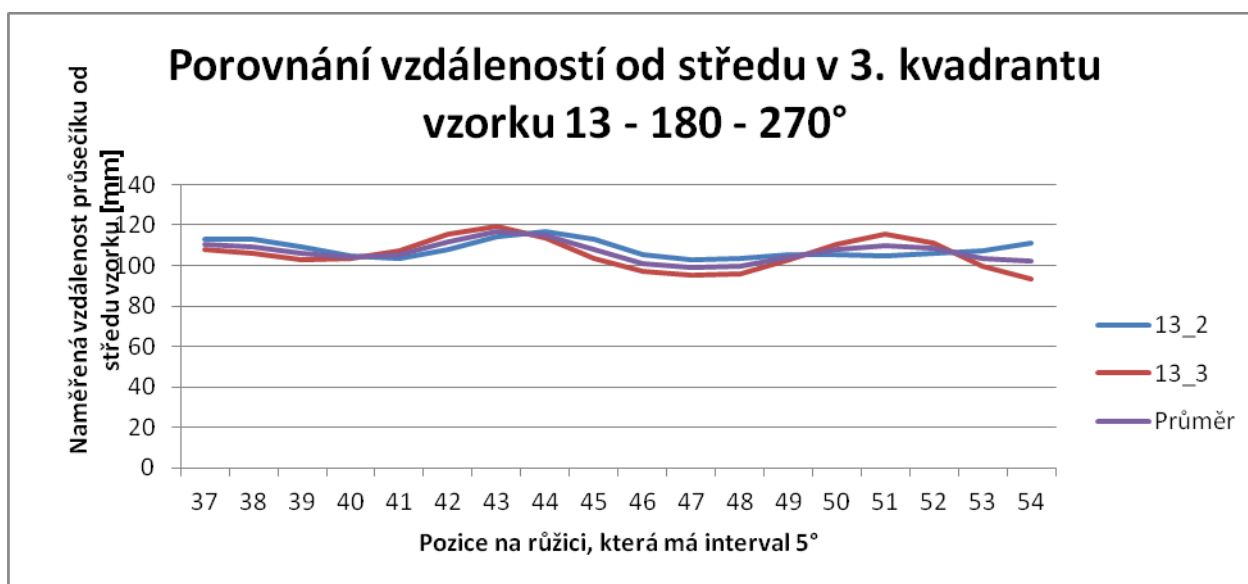
Pro větší přehlednost byl splývavý tvar rozdělen do 4 kvadrantů, které jsou v intervalu 90° a zanesen do sloupcového grafu, který názorně ukazuje, jak se data měnila ve stejné fázi třesení v různých pozicích. První kvadrant má rozmezí $<0^\circ, 90^\circ>$ (viz obr. 39), druhý kvadrant má rozmezí $(90^\circ, 180^\circ>$ (viz obr. 40), třetí kvadrant má rozmezí $(180^\circ, 270^\circ>$ (viz obr. 41) a čtvrtý kvadrant má rozmezí $(270^\circ, 360^\circ>$ (viz obr. 42). V každém kvadrantu je 18 hodnot, jelikož tvary jsou naměřeny pro každých 5° z intervalu.



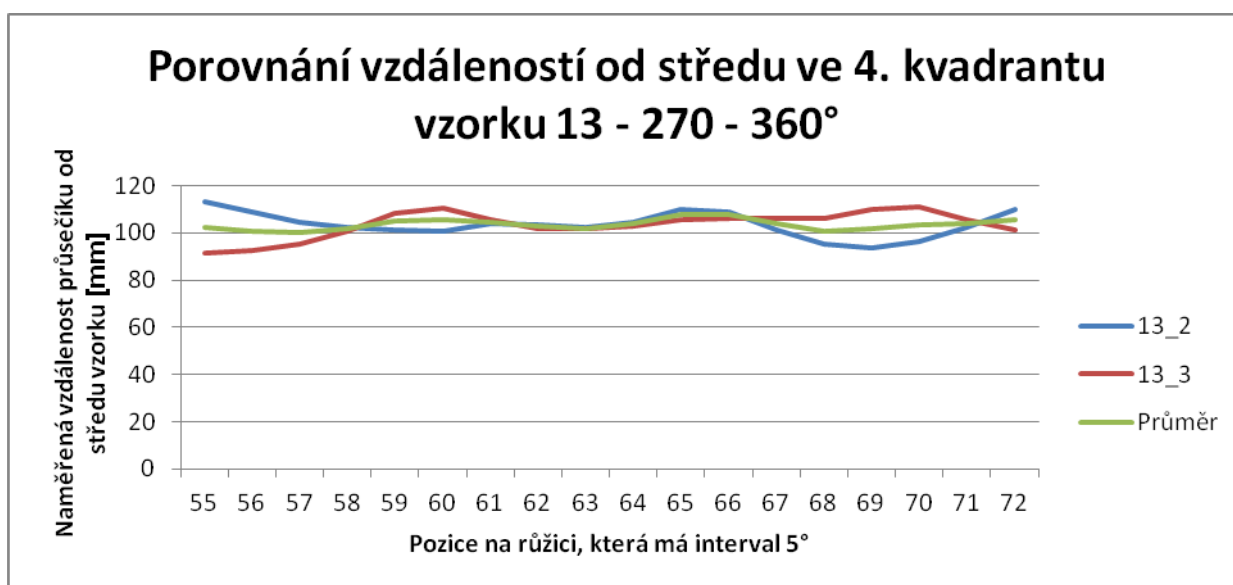
Obr. 39 - Porovnání průměrných hodnot naměřených ze vzorků 13_2 a 13_3 v 1. kvadrantu růžice, který má rozsah 0 – 90°.



Obr. 40 - Porovnání průměrných hodnot naměřených ze vzorků 13_2 a 13_3 ve 2. kvadrantu růžice, který má rozsah 90 - 180°.



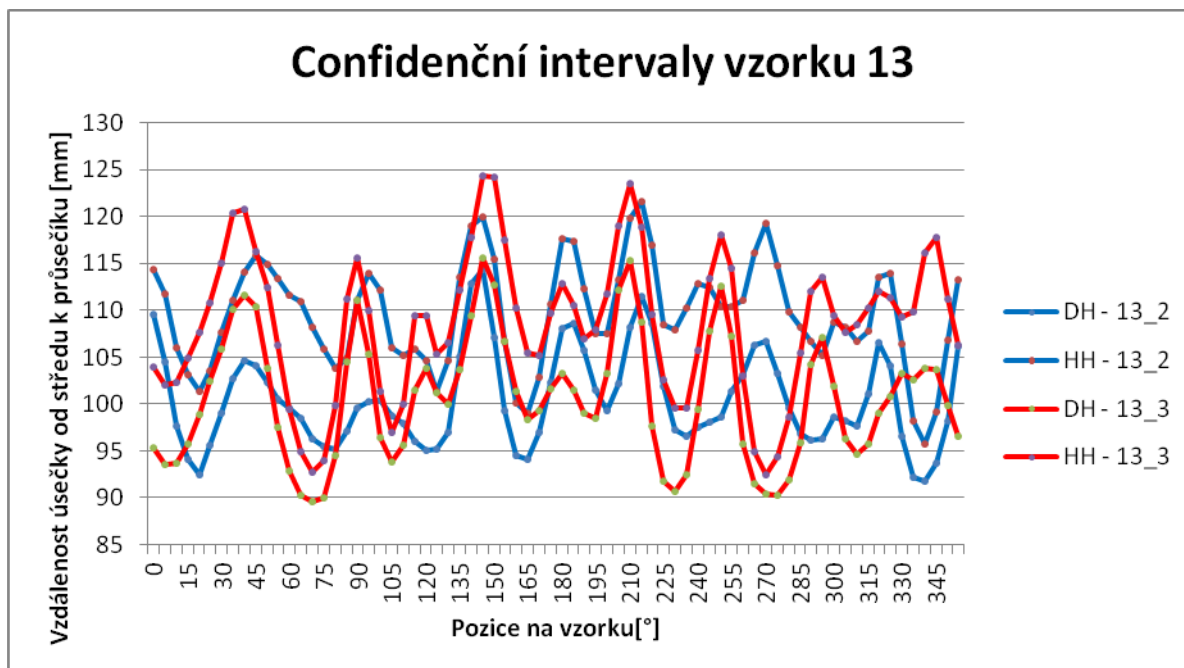
Obr. 41 - Porovnání průměrných hodnot naměřených ze vzorků 13_2 a 13_3 ve 3.kvadrantu růžice, který má rozsah 180 – 270°.



Obr. 42 - Porovnání průměrných hodnot naměřených ze vzorků 13_2 a 13_3 ve 4.kvadrantu růžice, který má rozsah 270 – 360°.

Překrytí confidencečních intervalů vzorku 13

Pro porovnání confidencečních intervalů a jejich překrytí byl vytvořen spojnicový graf, kde jsou uvedeny horní a dolní hranice pro vzorky 13_2 a 13_3. Z obrázku 43 je patrné, že se plochy překrývají.



Obr. 43 - Porovnání confidenčních intervalů vzorků 13_2 a 13_3.

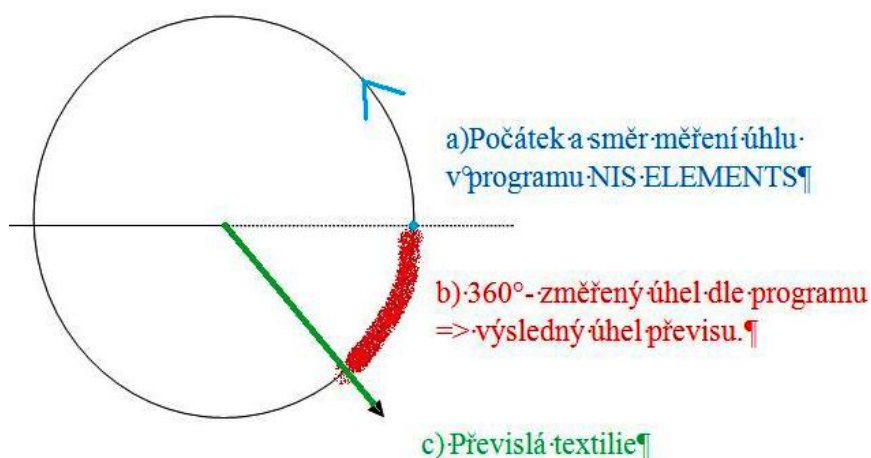
Vyhodnocení měření metodou převisu

Pro porovnání naměřených hodnot vzorků byla zvolena korelační analýza pomocí regresní lineární křivky. Pokud se mezi dvěma procesy ukáže korelace, je pravděpodobné, že na sobě závisejí. Korelační koeficient by se měl pohybovat v mezích $<-1;1>$. Je-li koeficient v intervalu $<-1;0>$, tak můžeme říci, že veličiny jsou na sobě závislé, ale závislost je nepřímá. Je-li korelační koeficient roven nule, pak není mezi veličinami žádná závislost. Je-li korelační koeficient v intervalu $(0;1>$, pak mluvíme o kladné závislosti dvou veličin, které jsou na sobě závislé.

Vzorky 15_x

V tabulkách číslo 3, 4 a 5 jsou data, ze kterých byla vypočtena a graficky znázorněna korelace vzorků M15, 15 a KM15. Sloupec

Přepočet je v grafu uveden



Obr. 44 – Schéma měření úhlu v programu NIS ELEMENTS a důvod přepočtu úhlu.

z důvodu, že když se měří úhel v programu NIS ELEMENTS, tak je měřen z bodu určení proti směru hodinových ručiček, tudíž správným úhlem ohybu je úhel, který zbude po odečtení od 360, jelikož 360° je celý kruh od bodu určení po obvodu kružnice k počátečnímu bodu. To vše je schematicky znázorněno na obrázku 44.

Tabulka 3

Čtverec 5x5cm 15_x		Přepočet
1A	335,71	24,29
2A	320,31	39,69
1B	336,24	23,76
2B	324,79	35,21

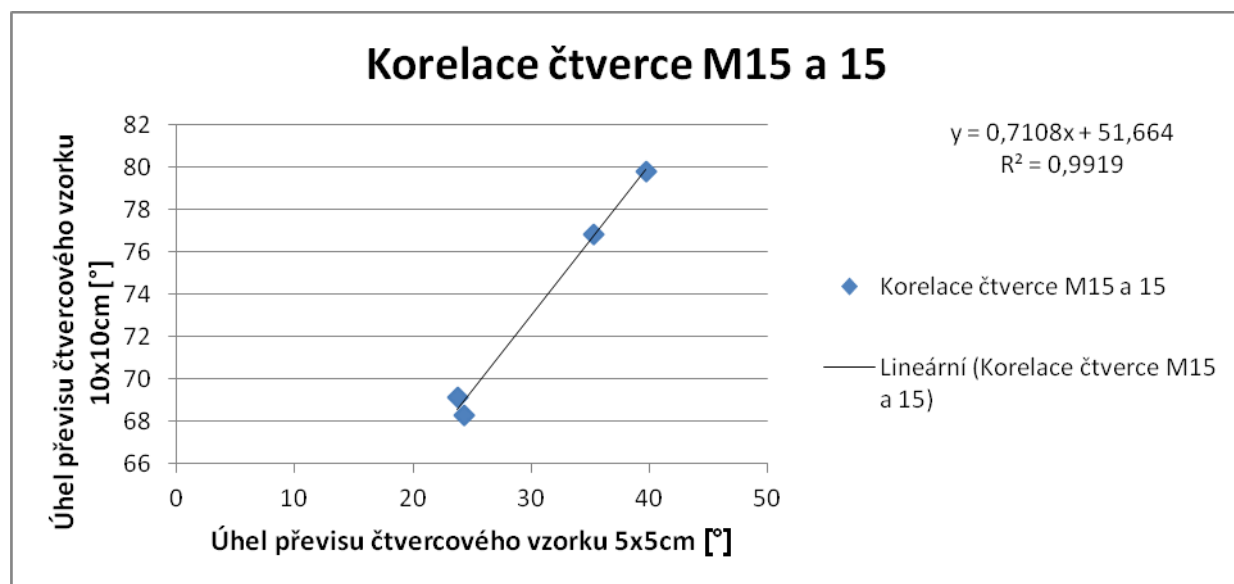
Tabulka 4

Čtverec 10x10cm 15_x		Přepočet
1A	291,72	68,28
2A	280,21	79,79
1B	290,87	69,13
2B	283,17	76,83

Tabulka 5

Kruh o průměru 5cm 15_x		Přepočet
1A	344,9	15,1
2A	325,91	34,09
1B	347,25	12,75
2B	323,8	36,2

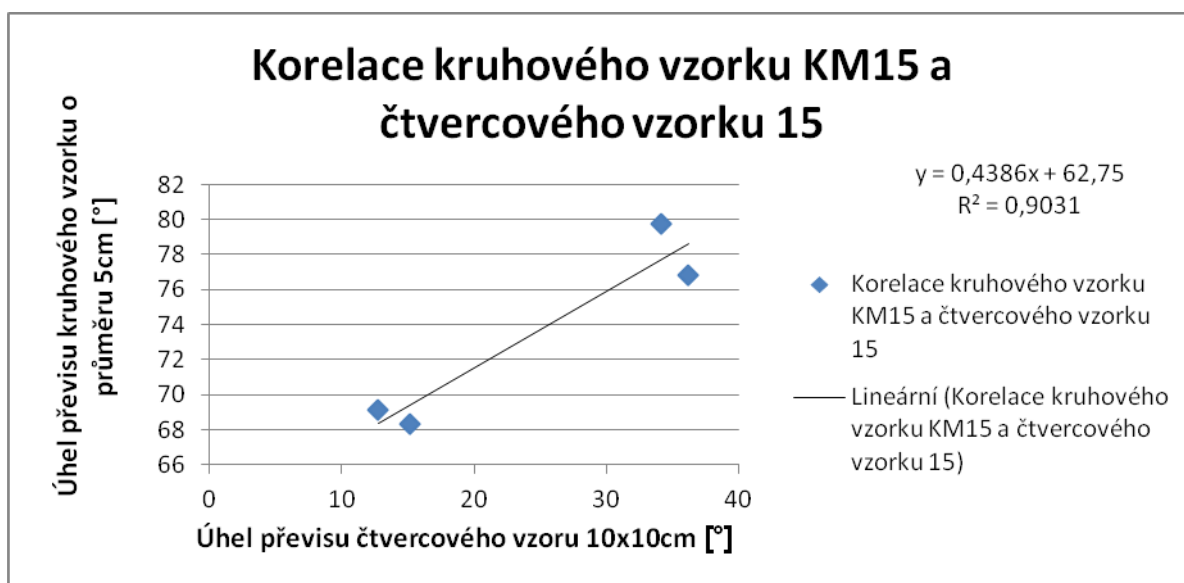
Na obrázku 45 je vidět korelace čtvercových vzorků 15_x o rozměrech 10x10cm a 5x5cm. Korelační koeficient je 0,995942, což ukazuje vysokou závislost, ačkoliv čtvercový vzorek o rozměrech 5x5cm má o 75% menší plochu. Z tohoto výsledku bychom mohli vyvodit závěr, že nezáleží na velikosti proměřovaného vzorku, jelikož úhel roste přímo úměrně.



Obr. 45 –Korelace čtvercových vzorků 10x10cm a 5x5cm

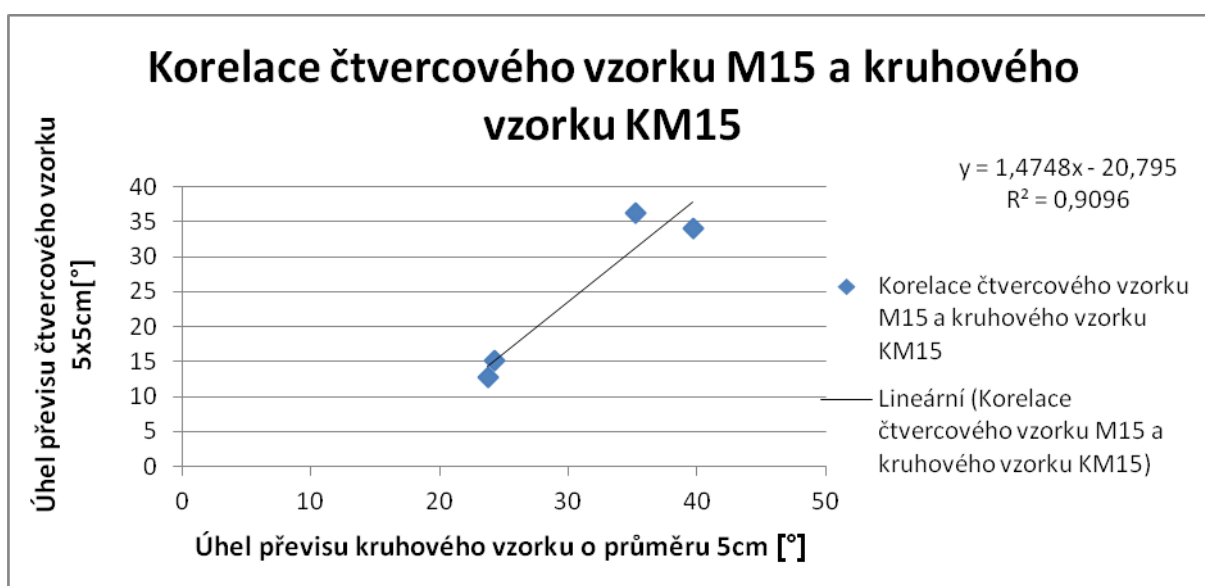
Na obrázku 46 je znázorněna korelace průměrných hodnot pro čtvercové vzorky 15_x o velikosti 10x10cm a kruhu nestejněho materiálu o průměru 5cm. Korelační koeficient má

hodnotu 0,95, což je vysoká kladná závislost, i přesto, že porovnávám kruh o obsahu $19,63\text{cm}^2$ a čtverec o ploše 100cm^2 , což je rozdíl 80,37%.



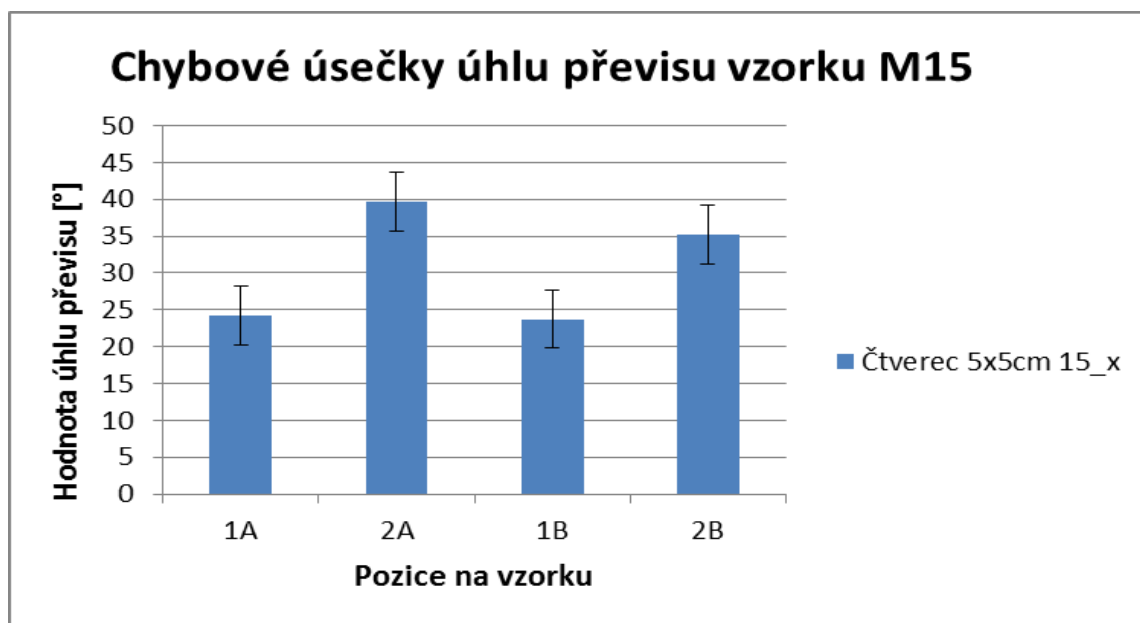
Obr. 46 – Korelace kruhového vzorku o průměru 5cm a čtvercového vzorku 5x5cm.

Na obr. 47 je korelace průměrných hodnot naměřených na čtvercových vzorcích 5x5cm a kruhu o průměru 5cm z tkaniny 15_x. Výsledný korelační koeficient má hodnotu 0,95, což je opět velmi vysoká kladná závislost. I přestože mají vzorky odlišný tvar a rozdílnou plochou. Spočítáme-li si plochu čtverce a plochu kruhu, vyjde nám, že kruh má menší plochu o cca 4,9%. Jelikož obsah čtverce je 25cm^2 a obsah kruhu je $19,63\text{cm}^2$.

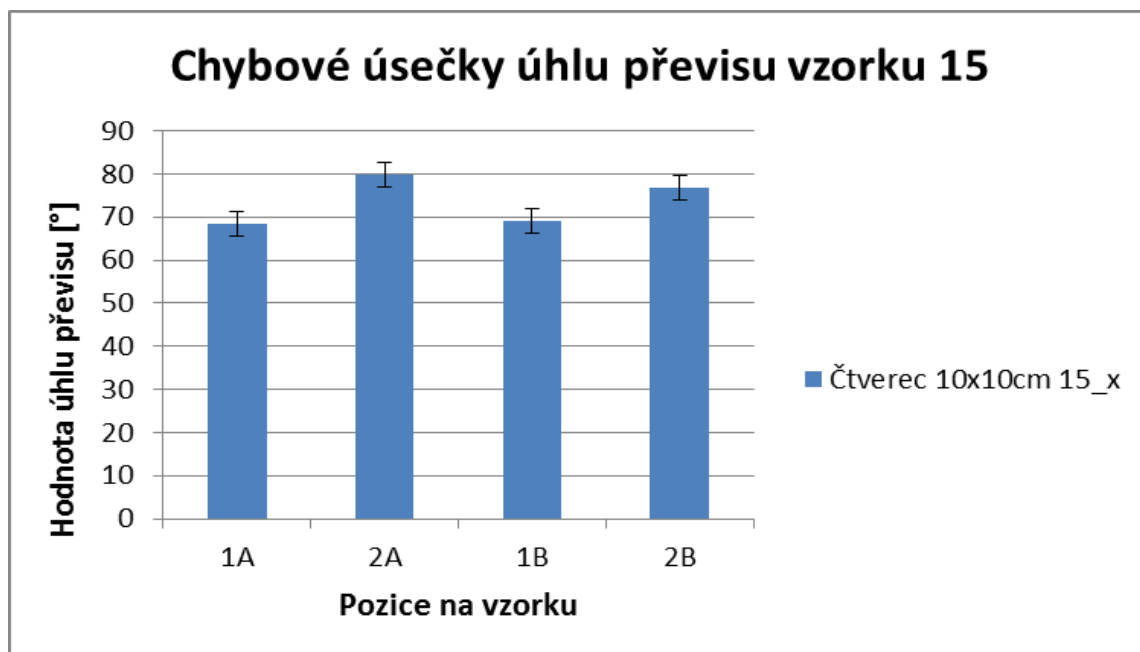


Obr. 47 – Korelace čtvercového vzorku 5x5cm a kruhového vzorku o průměru 5cm

Výsledky korelačních koeficientů vykazují velkou závislost, ačkoliv vzorky jsou jiných rozměrů a jiných tvarů. Ale na obrázcích 48 a 49 je možno vidět chybové úsečky, které jsou rozdílné. U vzorku 5x5cm jsou chybové úsečky viditelně delší, tudíž bych doporučila měřit spíše jinou metodou a když zvolit metodu převísem, tak větší rozměr vzorků, jelikož mají menší směrodatnou odchylku a více než 2x menší variační koeficient, což je možno vidět v příloze číslo 5.



Obr. 48 – Chybové úsečky směrodatné odchylky vzorku M15.



Obr. 49 – Směrodatná odchylka s chybovými úsečkami pro vzorek 15_x

Výsledky naměřených hodnot tkaniny Z na TH-7 a KES FB2

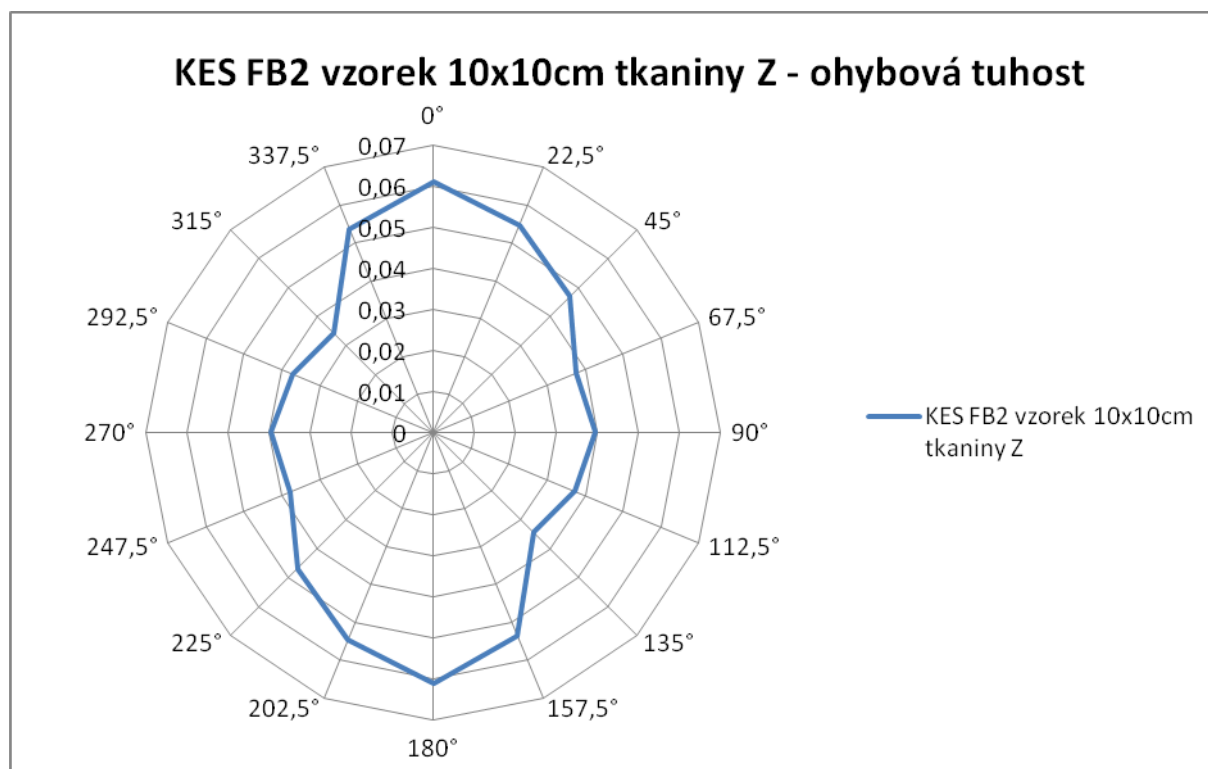
Vzorky tkaniny Z byly proměřeny na přístroji KES FB-2, a to ve dvou variantách – čtvercové vzorky 10x10cm a 20x20cm a na TH-7 též čtvercový vzorek, ale s rozměrem 5x5cm. Na obrázcích 50,51 a 53 jsou vidět polární diagramy jejich ohybových tuhostí. Vzorky byly nastříhány s pootočením vzhledem k osnově o 22,5° (0° - 180°). Všechna data použitá pro vykreslení grafů jsou v tabulce 6.

Tabulka 6 – Data pro vzorek Z – KES FB2 a TH-7

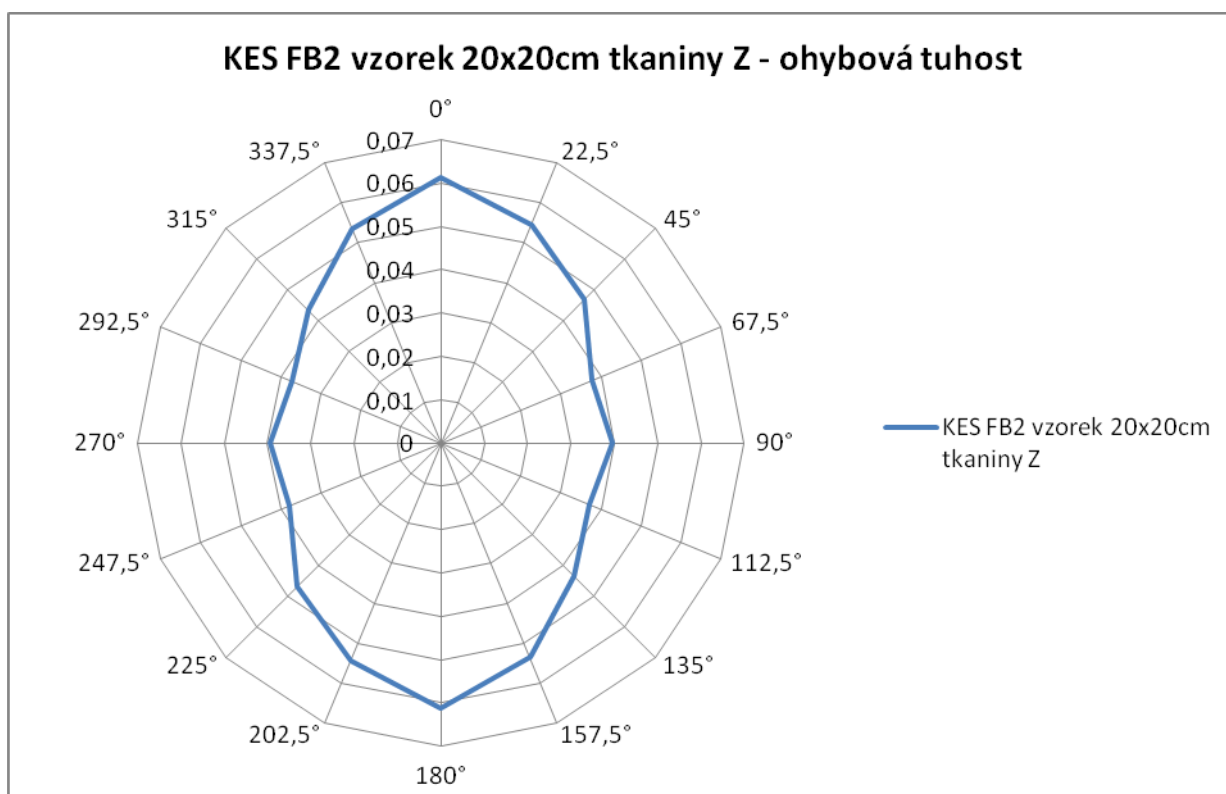
Úhel	KES FB2 10x10cm	KES FB2 20x20cm	TH-7 čtverec	Průměr KES FB2
0°	0,061167	0,061167	6,72	0,061167
22,5°	0,054533	0,054533	6,48	0,054533
45°	0,0469	0,0469	5,78	0,0469
67,5°	0,037767	0,037767	4,89	0,037767
90°	0,039533	0,039533	5,1	0,039533
112,5°	0,037133	0,037133	4,83	0,037133
135°	0,0344	0,043367	5,29	0,038883
157,5°	0,053567	0,053567	6,51	0,053567
180°	0,061167	0,061167	6,72	0,061167
202,5°	0,054533	0,054533	6,48	0,054533
225°	0,0469	0,0469	5,78	0,0469
247,5°	0,037767	0,037767	4,89	0,037767
270°	0,039533	0,039533	5,1	0,039533
292,5°	0,037133	0,037133	4,83	0,037133
315°	0,0344	0,043367	5,29	0,038883
337,5°	0,053567	0,053567	6,51	0,053567

Na obrázku 50 je polární graf naměřené ohybové tuhosti na vzorku o velikosti 10x10cm, který má sice elipsovitý tvar, ale v rozmezí 112,5° - 157,5° a 292,5°- 337,5° je nelinearita tvaru, které je, dle mého mínění, dána buď chybou stroje při měření a nebo tím, že vzorek má plochu pouhých 100cm², přičemž normované vzorky mají plochu 400cm² a tudíž mají i menší odchylky měření a menší chybovost. Jak je možno vidět na obrázku 51, na kterém je polární diagram vzorku téhož materiálu o rozměrech 20x20cm, tento druhý polární diagram už

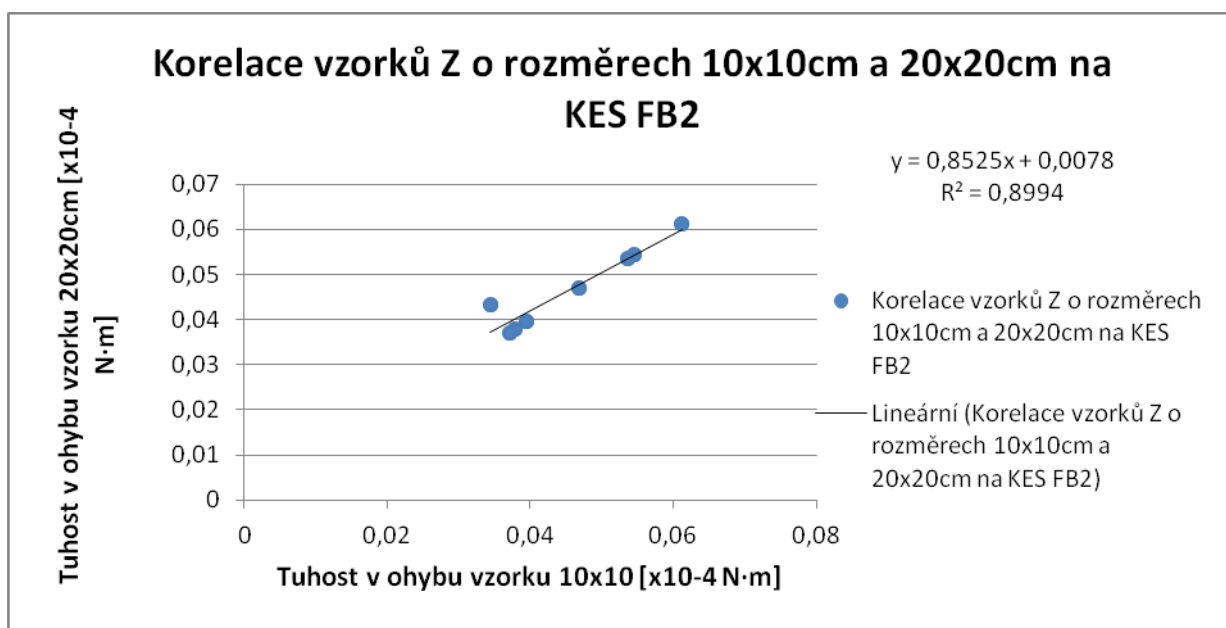
vykresluje přesnou elipsu a právě díky tomu vidíme anizotropii, jelikož vzorky byly stejně střiženy a princip měření byl také stejný, takže jediný rozdíl je velikost vzorku. Pro přesnost je ještě přidán graf s regresní křivkou (obr. 52) a korelační koeficient je roven 0,95, což ukazuje velkou závislost daných veličin.



Obr. 50 - Ohybová tuhost vzorku Z 10x10cm naměřená přístrojem KES FB2



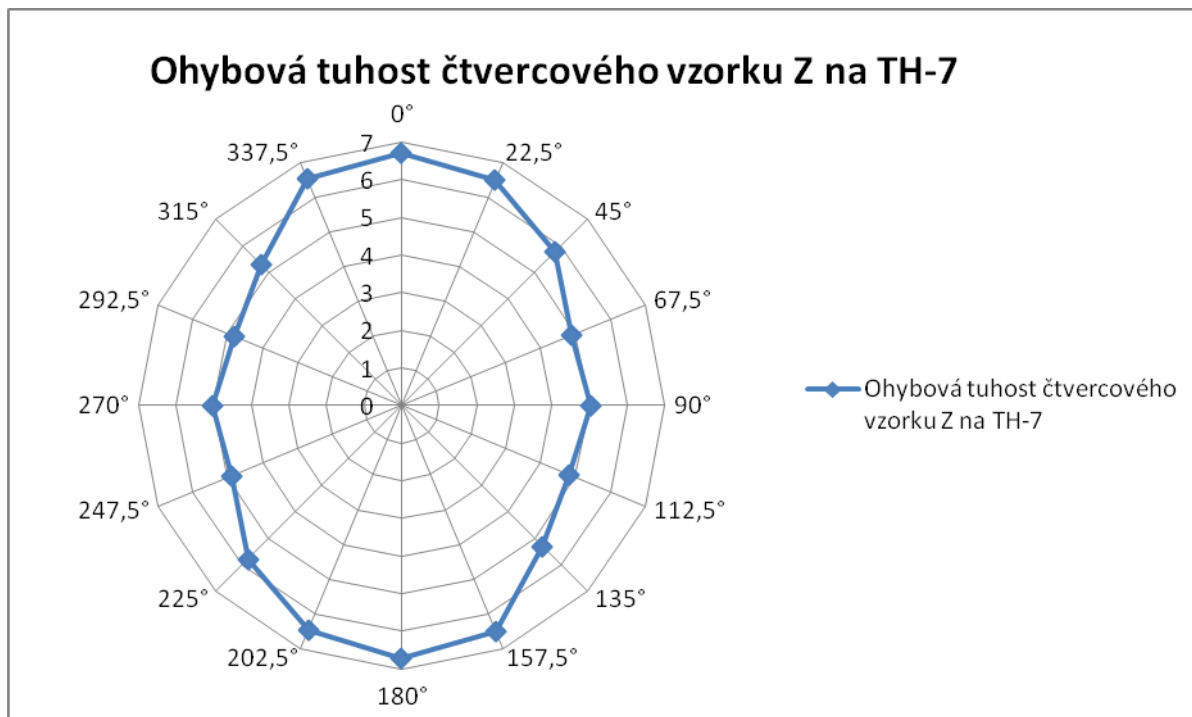
Obr. 51– Ohybová tuhost vzorku 7 20x20cm naměřená na přístroji KES FB2.



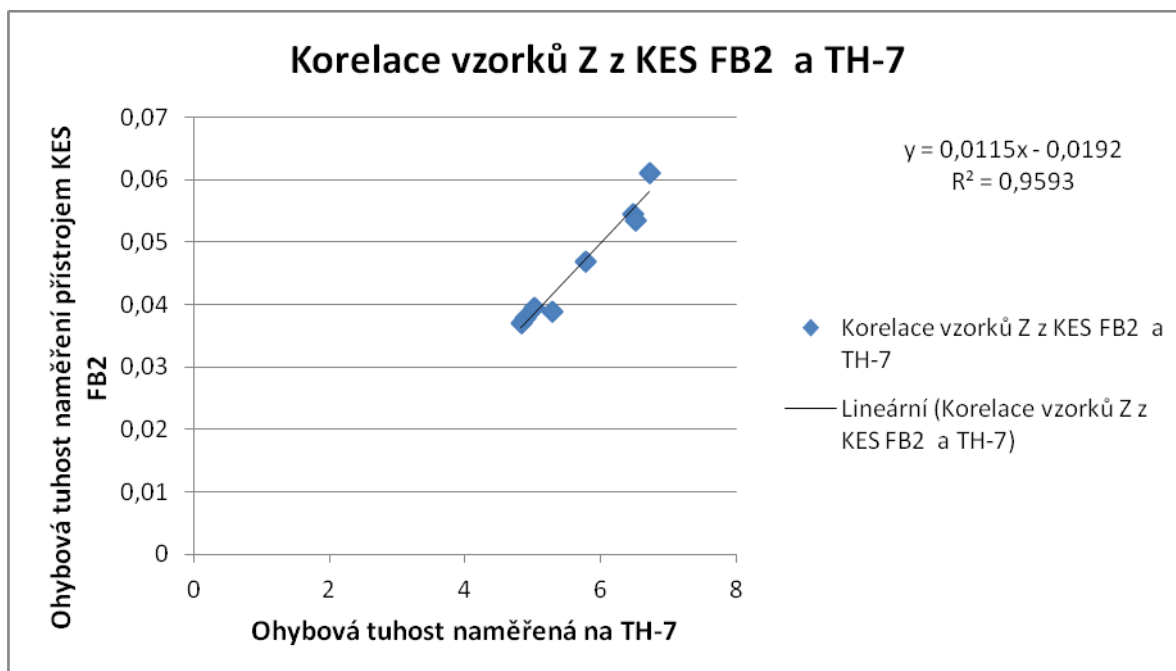
Obr. 52 - Korelace ohybových tuhostí na KES FB2 pro vzorky Z 10x10cm a 20x20cm

Na obrázku 53 je zobrazena ohybová tuhost čtvercových vzorků, které byly střiženy po 22,5°, tudíž je můžeme porovnávat s hodnotami naměřenými na přístroji KES FB-2. Tvar je opět elipsovitý a bez lineárních vad, ačkoliv měřené vzorky měly rozměry 5x5cm. Na obrázku 54

jsou data v bodovém grafu s regresní linií, která ukazuje, že korelační koeficient je 0,98, což dokazuje to, že hodnoty naměřené na KES FB-2 a na přístroji TH-7 je možno porovnávat.



Obr. 53– Ohybová tuhost vzorku Z naměřená na přístroji TH-7



Obr. 54 - Korelace dat vzorku Z naměřených na TH-7 a KES FB2

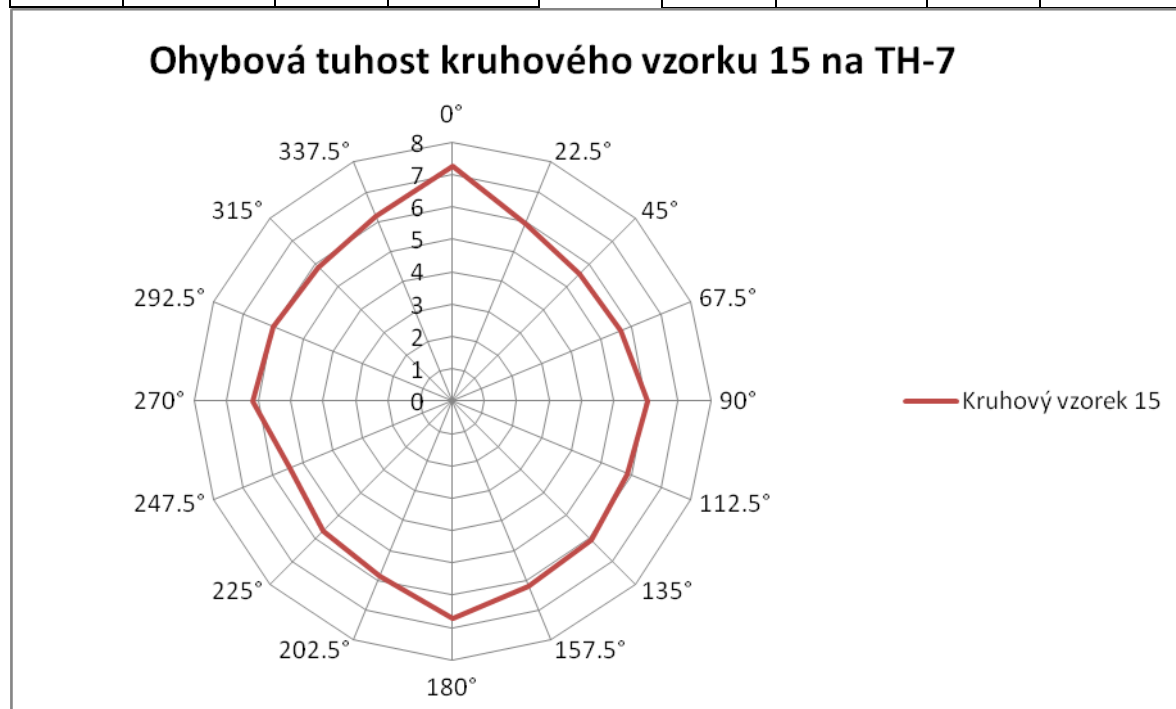
Výsledky naměřených hodnot tkaniny 15 na TH-7

Při vyhodnocování ohybové tuhosti naměřené přístrojem TH-7 pro vzorek 15 bylo použito dat, která jsou v tabulce 7.

Z uvedeného obrázku 55 je vidět, že polární diagram má opět elipsovitý tvar, který se už blíží spíše kruhu, tudíž je zde znatelná anizotropie. Jelikož kdyby zde anizotropie nefigurovala, měly by všechny polární diagramy stejný tvar.

Tabulka 7 – Naměřené hodnoty pro kruhový vzorek 15 na TH-7

Úhel	Kruhový vzorek 15	Úhel	Kruhový vzorek 15	67.5°	5,65	247.5°	5,42
0°	7,25	180°	6,7	90°	6,06	270°	6,19
22.5°	5,92	202.5°	5,84	112.5°	5,88	292.5°	6,02
45°	5,57	225°	5,67	135°	6,09	315°	5,86
				157.5°	6,18	337.5°	6,2



Obr. 55 – Ohybová tuhost naměřená na vzorku 15 pomocí přístroje TH-7

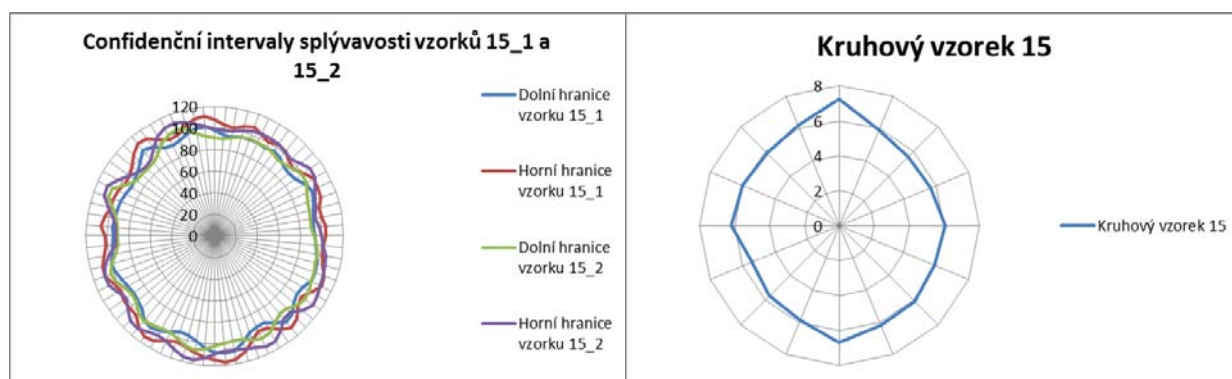
Anizotropie ohybu a splývavost

Jak píše ve svém připravovaném článku L. Fridrichová (17, str.2), dle článků autorů Sidabrate [13] a Omeroglu [12] existuje úměra mezi ohybovou tuhostí a splývavostí. Byly provedeny

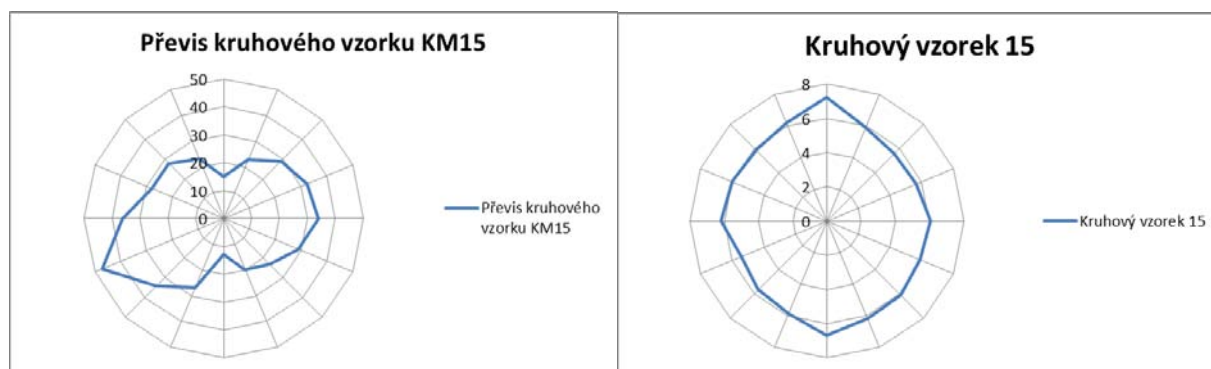
experimenty, které vychází z citovaných článků. Použity byly velmi různorodé tkaniny, z hlediska plošné měrné hmotnosti a struktury.

Na obrázcích 56 a 57 jsou anizotropie vzorku 15, na kterém byla měřena splývavost, byl proměřen přístrojem TH-7 a upraveným Cantilever testem. Z tvarů na obrázcích níže jasně vyplývá důkaz anizotropie ohybu.

Velmi zajímavým faktorem pro hodnocení anizotropie je také to, že použijeme-li metodu převisu a porovnáme ji s metodou měření na přístroji TH-7, stejné vzorky vykazují inverzní tvary anizotropie. Tam, kde je při měření ohybové tuhosti přístrojem TH-7 maximální ohybová síla, tam je při převisu vzorku minimální úhel, to platí i opačně. Proto vzorek naměřený na přístroji TH-7 má kulatý až elipsovitý tvar horizontální, stejný vzorek analyzovaný metodou převisu má elipsovitý tvar vertikální.



Obr. 56 – Srovnání tvarů ohybové tuhosti na TH-7 a splývavých tvarů vzorku 15

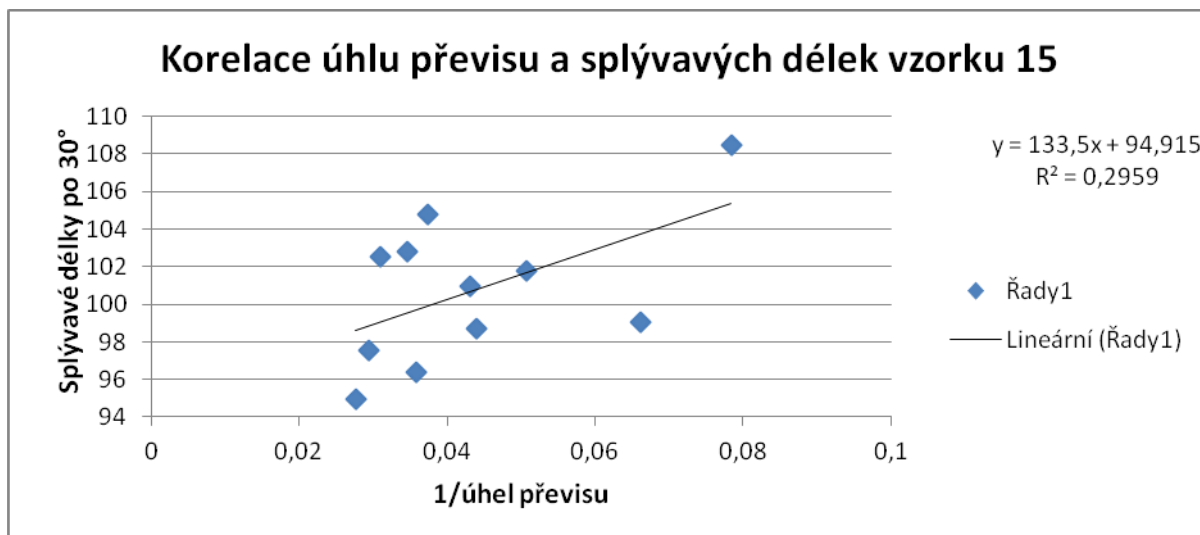


Obr. 57 – Srovnání tvarů anizotropie vzorku 15 pro úhel převisu a data vyšlá z TH-7

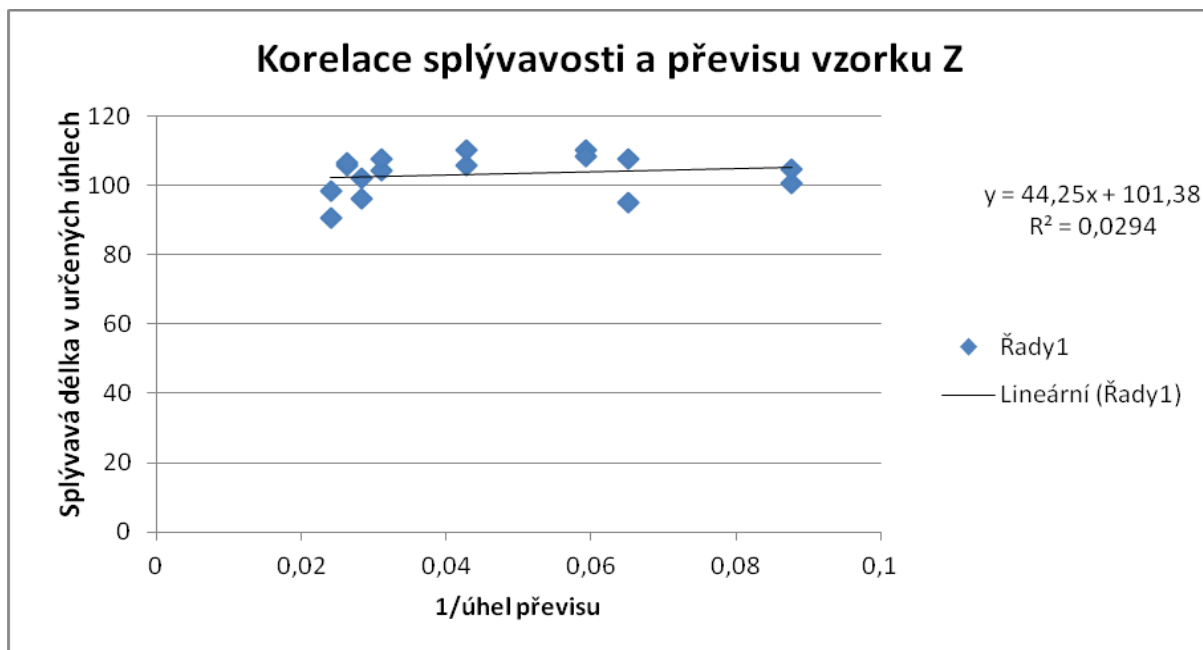
Na obrázcích 58 a 59 byla analyzována korelace mezi hodnotami splývavých úseček pro jednotlivé úhly a úhlem převisu. Z uvedených grafů vychází velmi malý korelační koeficient,

což potvrzuje hypotézu, že Sidabraitė se ve svých experimentech mýlil a zanedbal některé důležité aspekty, jako například smyk.

Můžete vidět hodnoty korelací úhlů převisu, které jsou inverzně přepočteny ($1/\text{úhel převisu}$). Přepočet byl proveden z důvodu nepřímé úměrnosti mezi měřenými hodnotami. Jelikož čím větší je délka splývavé úsečky, tím menší je úhel převisu.



Obr. 58 – Korelace úhlu převisu a splývacích délek vzorku 15



Obr. 59 – Korelace splývacích délek a úhlu převisu vzorku Z

ZÁVĚR

V teoretické části této bakalářské práce byly provedeny rešerše článků přímo souvisejících se zadaným tématem anizotropie ohybu a splývavosti. Ještě předtím byly uvedeny citáty definic pojmů pro správné pochopení celé problematiky. Cílem první části bylo zmapovat dosavadní poznání ohledně anizotropie ohybu textilií a splývavosti z hlediska metodiky, a to na experimentech posledních let. Z některých článků, jako například od Sidebrita a Mastekaita, byla použita podobná metodika měření. Některé články posloužily jen jako uvědomění si možností vědy v této oblasti bádání.

V experimentální části jsem vyšla z prací Fridrichové, která se v současné době věnuje problematice vlivu anizotropie ohybu na splývavost textilie.

V kapitole Měření splývavosti byla popsána metodika měření a zpracování dat kruhových vzorků tkanin ze 100% bavlny v keprových vazbách, které byly měřeny na Drapemetru. Následně byly zařazeny polární diagramy, které ukazují splývavé tvary jednotlivých vzorků a poté grafy, které vycházejí ze statistického zpracování dat jednotlivých kvadrantů vzorku. Kvadranty byly použity pro lepší orientaci.

Z uvedených grafů a dat jasně vyplývá nelinearita a nehomogenost plošných textilií, proto je velmi těžké splývavost měřit. Vždy budeme mít jen průměrné hodnoty a konečný splývavý tvar je téměř neodhadnutelný, což je dáno anizotropií. Už těmito výsledky negujeme výsledky, které uvádí ve své práci Sidabraite, a proto se v budoucnu hodláme tímto tématem zabývat podrobněji.

V dalších výzkumech se budeme věnovat problematice zjišťování dynamického koeficientu splývavosti. Vzorky však nebudou namáhány pouze v horizontálním směru, ale i ve vertikálním směru, který je při užívání textilie častější. Pro experimenty se připravuje přístroj, který umožní namáhání textilie jak v horizontálním tak i ve vertikálním směru, s přesně definovanou hodnotou frekvence a amplitudy.

Cílem je zjistit, například využitím frekvenční analýzy, pravidelnost tvorby splývavých tvarů apod.

Naše metoda byla jedinečná ve své aplikaci nikoli rotace, jako je tomu v člancích, které jsou uvedeny v rešeršní části, nýbrž ve vertikálním pohybu vzorku s velkou amplitudou před každým dalším měřením, což je mnohem přirozenější pro praktické využití splývavosti.

V kapitole Měření ohybové tuhosti byly popsány metodiky měření a použité přístroje. Ohybová tuhost byla experimentálně měřena metodou převisu, na přístroji TH-7 a na přístroji KES FB-2. Všechna naměřená data, která byla třeba k porovnávání výsledků, byla statisticky zpracována do tabulek a zanesena do grafů či polárních diagramů.

Při měření metodou převisem se ukázalo, že je to sice metoda jednoduchá a relativně rychlá, ale chybové úsečky poukázaly na to, že záleží na velikosti vzorku a také, že přesnosti naměřených dat mohou mít velkou chybu, i přesto, že naměřená data všech tvarů vzorků (kruhový vzorek o průměru 5cm, čtvercový vzorek o rozměrech 10x10cm a čtvercový vzorek o rozměrech 5x5cm) spolu korelují. Byla porovnána pouze data vzorku 15, ostatní naměřená data jsou k dispozici pro další bádání.

Na přístroji KES FB-2 byly měřeny pouze vzorky čtvercové a to o rozměrech 10x10cm a 20x20cm. Nelinearita výsledného tvaru vzorku 10x10cm, která je, dle mého mínění, dána buď chybou stroje při měření, a nebo tím, že vzorek má plochu pouhých 100cm², přičemž normované vzorky mají plochu 400cm², a tudíž mají i menší odchylky měření a menší chybovost. Tato data byla porovnána s daty naměřenými pro kruhový vzorek na přístroji TH-7 a výsledky spolu korelují, ačkoliv tvar polárního diagramu kruhového vzorku je spíše kruhový. Z toho můžeme usuzovat, že vliv na anizotropii má nejen velikost vzorku, ale i tvar vzorku.

Ohybová tuhost, její anizotropie a splývavost jsou velmi široká témata, která se nedají obsáhnout v jedné bakalářské práci. V této jsou jen náznaky řešení experimentů, jen samotná splývavost by dala na několik dalších prací, stejně tak ohybová tuhost. Souvislost mezi ohybovou tuhostí a splývavostí je zřejmá, což dokázal i experiment.

V tomto tématu bych chtěla dále pokračovat, tudíž jsou experimenty pouze nastíněny, avšak ne zcela dořešeny. V budoucnu by mě zajímala například transformace přístroje TH-7 pro větší vzorky. Myslím si, že tento přístroj je sestaven tak, že může konkurovat přístroji KES FB-2, přitom jeho cena je několikrát nižší a výsledky srovnatelné.

SEZNAM LITERATURY

Tydlačka, T.: Ohybová tuhost tenkostěnných tvarovaných plastových prvků. [Bakalářská práce], Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007

ČSN 80 0858: Zkoušení tuhosti a pružnosti plošných textilií, 1974.

Hes, L.,Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií. 1. vydání, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005, ISBN 80-7083-926-0.

Fridrichová, L.: K problematice ohybové tuhosti textilií. [Habilitační práce], Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008.

Kovačič, V.: Textilní zkušebnictví Díl II. 1. Vydání, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004, ISBN 80-7083-825-6.

TEXSITE.info.[online].[cit.2012-04-10].Dostupné : <http://cz.texsite.info/Spl%C3%BDvavost>

Kovář, R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií. 1. Vydání, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003, ISBN 80-7083-676-8.

Dostálová, M., Křivánková, M.: Základy textilní a oděvní výroby. 3. Upravené vydání, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004, ISBN 80-7083-831-0.

Lojen, D. Ž., Jevšnik, S.: Some Aspects of Fabric Drape. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 2007, Vol 15, No.. 4, str. 39 – 45.

Pattanayak, A., K., Luximon, A., Khandual A.: Prediction of drape profile of cotton woven fabrics using artificial neural network and multiple regression method. Textile Reasearch Journal. 2010, str. 560 – 566

Bilbao,E., Soulat,D., Hivet,G., Gasser, A.: Study of Bending Behaviour od Composite Reinforcements. Springer., Vol 2, Supl 1, str. 205 – 208, 2009.

Omeroglu, S., Karaca, E., Becerir, B.: Comparison of Bending, Drapability and Crease Recovery Behaviors of Woven Fabrics Produced from Polyester Fibers Having Different Cross-sectional Shapes. Textile Research Journal. 2010, Vol 80(12), str. 1180 – 1190.

Sidabraitė, V., Masteikaite, V.: Effect of Woven Fabric Anisotropy on Drape Behaviour. Materials Science, 2003, Vol. 9, No 1, str. 111-115.

Odehnalová, K.: Anizotropie ohybové tuhosti plošných textilií [Diplomová práce], Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010

Fridrichová, L.: K problematice stanovení ohybové tuhosti plošných textilií. [Disertační práce], Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1999.

Fridrichová, L.: K problematice ohybové tuhosti textilií. [Habilitační práce], Liberec, RUKOPIS.

Fridrichová, L.: Měření ohybové tuhosti na přístroji TH-7, Liberec, RUKOPIS.

Naujokaitytė, L., Strazdienė, E., Fridrichová, L.: Comparative Analysis of Fabrics' Bending Behavior Testing Methods. Journal of Textile Clothing Technology. 2007, Vol. 56, No. 6, str. 343-349. ISSN-0492-5882.

Lomov, S. V.: A Predictive Model for the Fabric-to-Yarn Bending Stiffness Ratio of a Plain-Woven Set Fabric. Textile Research Journal, Vol. 70, No. 12, 1088-1096, 2000.

.

PŘÍLOHY

Příloha 1. – Hodnoty splývavosti vzorku 15_1_x

15_1_ x	průměr v mm	směrodatná odchylka	variační koef v %	min	max
1	102,8808	9,447359	9,182822	91,18166	122,6582
2	98,8200	9,346699	9,458303	90,56803	127,4977
3	97,2306	8,411762	8,651357	88,71358	124,7652
4	99,9018	10,6047	10,61512	88,62544	118,8509
5	101,3209	12,15062	11,99222	89,7459	120,2681
6	99,8620	8,799462	8,811622	90,39344	116,3896
7	97,5023	6,20193	6,360803	90,08323	110,9263
8	99,7043	7,511758	7,53404	89,03396	112,318
9	98,9761	8,356201	8,442646	88,95768	114,6962
10	94,5949	6,873989	7,266767	87,10492	114,2504
11	93,0697	6,239052	6,703634	89,02887	110,6008
12	96,6565	9,836253	10,1765	88,1542	121,136
13	101,8575	9,772065	9,593862	89,8154	122,8226
14	102,9315	6,633309	6,44439	90,42225	111,3925
15	101,8383	7,277341	7,145977	90,06458	117,5813
16	98,3085	5,914518	6,016281	90,67991	110,0889
17	97,5901	8,021766	8,219854	89,15092	113,7944
18	98,1105	11,6132	11,83686	88,34405	124,2617
19	98,6479	10,3045	10,44574	90,12052	122,1123
20	98,2284	7,165257	7,294483	90,42225	111,2789
21	99,0283	5,507869	5,561913	92,14279	110,4568
22	101,2092	5,025331	4,965291	91,84954	109,1583
23	104,3258	9,226121	8,84357	89,56283	115,7116
24	104,2806	11,17959	10,72068	90,20019	126,4366
25	99,2227	9,581685	9,656744	88,3593	121,3648
26	96,0768	5,413335	5,634381	89,50859	108,999
27	98,8121	5,344096	5,408342	92,30722	109,0295
28	105,3383	6,69956	6,360044	93,13104	113,1147
29	107,6142	7,262471	6,74862	92,71404	114,4267
30	101,9689	7,998941	7,844489	89,20008	118,6441
31	95,4135	5,407345	5,667274	91,20539	114,0351
32	94,9274	4,050785	4,267244	90,8579	107,414
33	98,9502	8,156467	8,242999	92,61573	121,2699
34	106,5770	8,533981	8,00734	92,73947	128,5639
35	111,9552	8,425495	7,525771	92,7632	126,6739
36	113,1345	8,119623	7,176965	95,24993	121,3411

37	111,3369		7,42808		6,671712		94,91429		122,1123
38	108,5184		9,028296		8,319599		93,70229		129,5708
39	103,9594		11,5091		11,07077		91,61731		125,0991
40	100,7605		11,0464		10,96303		91,70884		125,4466
41	99,2129		9,509317		9,584761		90,11883		130,2014
42	102,3139		9,355429		9,143852		90,87485		126,9197
43	106,8354		10,47348		9,803382		92,0021		122,0242
44	109,0150		10,08185		9,24813		90,25105		119,6951
45	106,0476		7,32933		6,911361		92,71404		121,5241
46	99,6400		8,330488		8,360582		91,62917		116,5066
47	98,4383		10,6046		10,77284		89,99169		122,3598
48	97,9389		11,20209		11,43784		89,50859		119,9562
49	97,0027		8,459096		8,720477		89,434		120,6359
50	99,6263		9,077144		9,111195		89,91202		124,0515
51	103,5256		10,7495		10,38342		89,93067		128,5165
52	103,9129		8,945554		8,608704		90,0256		118,2254
53	100,5844		7,912119		7,866146		90,47311		115,8014
54	98,5496		6,596036		6,693115		89,98661		112,4333
55	98,4473		7,432797		7,550024		90,11374		112,5214
56	100,9615		10,95699		10,85264		89,31704		119,9155
57	99,2599		9,627184		9,698964		88,1881		117,0372
58	96,9838		6,018716		6,205898		87,96773		106,8241
59	97,0085		7,908229		8,1521		88,06096		109,6533
60	95,6805		7,449644		7,78596		88,72036		109,7516
61	93,1917		6,551319		7,029935		87,83721		115,1471
62	94,0371		6,005124		6,385911		86,23194		108,2904
63	97,0727		7,876733		8,114262		88,14233		112,7231
64	102,5360		8,238988		8,035212		89,35942		115,3777
65	107,6375		7,931063		7,36831		88,54916		119,9562
66	105,4869		9,706925		9,202019		88,73392		121,9259
67	99,0565		9,115623		9,202448		89,28822		120,8342
68	95,7203		6,63655		6,933272		89,93915		111,206
69	97,3157		5,34379		5,491188		88,8814		108,287
70	101,9544		7,895899		7,744539		91,57154		121,5665
71	106,0534		8,797759		8,295595		90,56803		125,6229
72	106,6841		8,888499		8,331608		89,98661		119,8697

	Confidence	Dolní hranice	Horní hranice
1	4,629121	98,25166	107,5099
2	4,579798	94,24024	103,3998
3	4,121688	93,10887	101,3522
4	5,196207	94,70563	105,098
5	5,953693	95,36716	107,2745
6	4,311657	95,55035	104,1737

7	3,03889	94,46341	100,5412
8	3,680694	96,02356	103,3849
9	4,094463	94,88163	103,0706
10	3,368193	91,22668	97,96306
11	3,057079	90,01262	96,12678
12	4,819675	91,83687	101,4762
13	4,788224	97,06924	106,6457
14	3,250262	99,68127	106,1818
15	3,565832	98,27246	105,4041
16	2,898061	95,41048	101,2066
17	3,930593	93,65954	101,5207
18	5,690366	92,42016	103,8009
19	5,049112	93,59877	103,697
20	3,510911	94,71753	101,7394
21	2,698806	96,32952	101,7271
22	2,462367	98,74682	103,6716
23	4,520716	99,80504	108,8465
24	5,477897	98,80273	109,7585
25	4,69494	94,52779	103,9177
26	2,652485	93,42434	98,72931
27	2,618559	96,19353	101,4307
28	3,282724	102,0555	108,621
29	3,558546	104,0556	111,1727
30	3,919409	98,04951	105,8883
31	2,64955	92,76395	98,06305
32	1,984848	92,94258	96,91228
33	3,996596	94,95365	102,9468
34	4,181574	102,3954	110,7585
35	4,128416	107,8268	116,0837
36	3,978542	109,156	117,113
37	3,639693	107,6973	114,9766
38	4,423784	104,0946	112,9422
39	5,639356	98,32005	109,5988
40	5,412638	95,34788	106,1732
41	4,65948	94,5534	103,8724
42	4,584076	97,7298	106,8979
43	5,13191	101,7035	111,9673
44	4,940014	104,0749	113,955
45	3,591306	102,4563	109,6389
46	4,081864	95,55819	103,7219
47	5,19616	93,24216	103,6345
48	5,488923	92,44998	103,4278
49	4,144881	92,85779	101,1476
50	4,447719	95,17856	104,074
51	5,267156	98,2584	108,7927

52	4,383241	99,52965	108,2961
53	3,876867	96,70757	104,4613
54	3,231998	95,31757	101,7816
55	3,642004	94,80532	102,0893
56	5,368827	95,59267	106,3303
57	4,717233	94,54269	103,9772
58	2,949117	94,03469	99,93293
59	3,874961	93,13354	100,8835
60	3,650258	92,03023	99,33074
61	3,210087	89,98166	96,40183
62	2,942457	91,09462	96,97953
63	3,859528	93,21317	100,9322
64	4,03703	98,49901	106,5731
65	3,886149	103,7513	111,5236
66	4,756306	100,7306	110,2432
67	4,466573	94,58993	103,5231
68	3,25185	92,46847	98,97217
69	2,618409	94,69733	99,93414
70	3,868919	98,08548	105,8233
71	4,310823	101,7426	110,3642
72	4,355284	102,3288	111,0394

Příloha 2. – Data vzorku 15_2_x – hodnoty splývavosti

15_2_x	Průměr v mm	Směrodatná odchylka	Variační koef v %	min	max
1	95,18278	9,008396	9,464313	87,98299	121,5733
2	94,4165	7,980346	8,452279	88,34405	115,137
3	95,54572	7,162111	7,496004	88,89835	108,882
4	97,98894	7,000707	7,144385	88,99667	113,0842
5	99,98399	8,070235	8,071527	88,24573	112,8011
6	99,96657	9,616416	9,619632	88,72036	117,3864
7	99,92231	9,324334	9,331584	89,28822	114,6166
8	99,09943	10,34277	10,43676	88,639	117,9
9	96,91528	10,21167	10,5367	86,98457	120,0223
10	97,22398	8,183645	8,417312	87,04729	114,2453
11	100,3855	9,342866	9,306984	89,73912	117,7017
12	104,0157	10,09183	9,702213	88,32879	127,5113
13	103,2269	9,665644	9,363491	88,62544	127,8503
14	99,26103	8,925797	8,992248	88,72036	118,0627
15	96,02026	7,883331	8,21007	89,06277	115,3946
16	94,52301	6,284438	6,648581	87,82704	108,126
17	92,92668	5,169046	5,562499	88,48305	111,1721
18	94,01645	7,890475	8,392654	88,27963	122,0886

19	96,43085	7,109413	7,37255	87,33207	115,1759
20	98,66746	6,844791	6,937233	87,76602	111,4484
21	101,2381	7,852303	7,756273	91,04775	114,9386
22	101,978	10,409	10,2071	91,43084	122,2479
23	103,3005	10,36728	10,03604	90,61719	120,9393
24	103,8847	9,996799	9,622973	90,39344	124,5058
25	106,4269	9,754505	9,16545	92,19534	127,5825
26	107,1054	10,26414	9,583207	92,60894	128,8673
27	103,525	8,717861	8,421021	91,21217	120,2409
28	97,42692	5,548951	5,695501	90,11374	107,8361
29	97,22878	6,43438	6,617773	91,55628	115,3251
30	102,7253	9,928439	9,665041	91,46814	125,589
31	108,1114	10,09331	9,336028	91,83936	129,9624
32	108,758	9,144006	8,407665	92,32247	131,2032
33	106,1793	8,247197	7,767234	93,93961	121,8208
34	103,7431	10,29692	9,925405	93,9074	122,8633
35	102,8947	9,375845	9,112079	93,25309	122,9056
36	103,0577	7,339851	7,12208	94,76682	118,1492
37	105,6233	8,112128	7,680242	94,76512	125,311
38	109,603	9,373784	8,55249	93,53447	123,7312
39	111,8293	10,36393	9,267631	92,08685	128,4368
40	110,2131	11,12645	10,0954	91,70884	130,1099
41	106,5725	11,5216	10,81104	92,93441	126,979
42	102,7401	10,03602	9,768366	92,61573	122,1954
43	102,6762	7,507494	7,311815	92,04956	116,1116
44	104,9827	8,213623	7,823788	94,50238	119,6951
45	107,309	10,06496	9,379418	92,71404	129,1013
46	105,818	11,76216	11,11547	90,86807	131,2202
47	100,4923	10,94907	10,89542	88,54916	125,689
48	97,50508	7,096191	7,277765	91,08165	111,3094
49	100,1698	8,361884	8,34771	90,81213	115,2251
50	104,7469	7,358056	7,024607	90,62397	116,8711
51	106,2349	6,022132	5,668694	94,48713	117,3864
52	102,565	7,391642	7,206789	91,09352	114,1131
53	96,87554	6,82722	7,047414	88,89835	110,8483
54	91,72344	2,674915	2,916283	88,57289	100,6082
55	91,40965	1,04966	1,148303	90,11374	93,84807
56	91,67362	1,416177	1,544803	89,76455	94,71766
57	94,54156	3,377071	3,572049	89,62216	103,9713
58	100,4295	5,550399	5,52666	91,72918	109,8092
59	107,4462	4,674464	4,350514	96,86537	113,5249
60	107,5132	5,254807	4,887593	91,13081	115,4878
61	99,51878	8,677117	8,719075	90,21884	117,7949
62	93,31618	8,184426	8,770639	88,59323	116,7219
63	90,78133	4,522627	4,981891	87,04729	106,0257

64	89,68064	2,088416	2,328725	86,98457	97,28067
65	90,67096	3,646045	4,021182	86,88117	101,4523
66	95,71495	7,572258	7,911259	87,45581	111,0856
67	102,8554	7,724723	7,510273	88,16437	112,3061
68	106,5217	7,959647	7,472328	90,42225	116,6049
69	108,3689	6,961648	6,424031	93,30055	117,9
70	105,8182	7,909999	7,475085	89,51028	117,3016
71	101,0238	9,500761	9,404482	88,27963	119,6629
72	97,54576	10,26951	10,52789	89,31704	123,2006

	Confidence	Dolní hranice	Horní hranice
1	4,16159	91,02119	99,34437
2	3,686664	90,72983	98,10316
3	3,308666	92,23706	98,85439
4	3,234102	94,75484	101,223
5	3,72819	96,2558	103,7122
6	4,442476	95,52409	104,409
7	4,307543	95,61476	104,2299
8	4,778027	94,3214	103,8775
9	4,717464	92,19781	101,6327
10	3,780582	93,44339	101,0046
11	4,316105	96,06944	104,7016
12	4,6621	99,35362	108,6778
13	4,465217	98,76171	107,6921
14	4,123432	95,13759	103,3845
15	3,641846	92,37841	99,66211
16	2,903209	91,6198	97,42622
17	2,387934	90,53875	95,31462
18	3,645147	90,3713	97,6616
19	3,284321	93,14653	99,71517
20	3,162074	95,50538	101,8295
21	3,627512	97,61058	104,8656
22	4,808624	97,16938	106,7866
23	4,789351	98,51112	108,0898
24	4,618201	99,26652	108,5029
25	4,506269	101,9206	110,9332
26	4,741702	102,3637	111,8471
27	4,027372	99,49761	107,5524
28	2,563438	94,86348	99,99036
29	2,972477	94,2563	100,2013
30	4,586621	98,13865	107,3119
31	4,662785	103,4486	112,7742
32	4,224238	104,5337	112,9822
33	3,809941	102,3694	109,9893

34	4,756848	98,98624	108,4999
35	4,33134	98,56334	107,226
36	3,390776	99,66692	106,4485
37	3,747543	101,8758	109,3709
38	4,330388	105,2726	113,9334
39	4,787803	107,0415	116,6171
40	5,140064	105,0731	115,3532
41	5,32261	101,2499	111,8951
42	4,636322	98,10373	107,3764
43	3,468221	99,20798	106,1444
44	3,79443	101,1883	108,7771
45	4,64969	102,6593	111,9587
46	5,433742	100,3843	111,2517
47	5,058118	95,43422	105,5505
48	3,278213	94,22687	100,7833
49	3,862922	96,30687	104,0327
50	3,399186	101,3477	108,1461
51	2,782032	103,4529	109,0169
52	3,414702	99,15028	105,9797
53	3,153957	93,72158	100,0295
54	1,235725	90,48771	92,95916
55	0,484909	90,92475	91,89456
56	0,654228	91,01939	92,32785
57	1,560098	92,98146	96,10166
58	2,564106	97,86542	102,9936
59	2,159453	105,2868	109,6057
60	2,427552	105,0856	109,9408
61	4,00855	95,51023	103,5273
62	3,780942	89,53524	97,09712
63	2,089309	88,69202	92,87064
64	0,964781	88,71586	90,64542
65	1,684356	88,98661	92,35532
66	3,49814	92,21681	99,21309
67	3,568574	99,28684	106,424
68	3,677102	102,8446	110,1988
69	3,216058	105,1528	111,5849
70	3,654166	102,164	109,4723
71	4,389047	96,63471	105,4128
72	4,744183	92,80158	102,2899

Příloha č.3 – Data vzorku 13_2_x – průměrná data splývavosti

13_2_x	průměr v mm	směrodatná odchylka	variační koef v %	min	max
1	111,9503	4,687011	4,18669	99,71654	117,2287
2	108,1176	7,181092	6,641925	94,74987	124,1431
3	101,8753	8,248798	8,096954	90,26291	115,7116

4	98,59912	9,008716	9,13671	89,78828	124,2702
5	96,91984	8,794683	9,074183	88,12029	123,9346
6	99,5711	7,763134	7,796573	91,03758	115,6574
7	103,3095	8,49124	8,219225	91,65968	123,0972
8	106,8788	8,192402	7,665131	89,76116	121,4038
9	109,3869	9,347711	8,545547	89,70692	121,7309
10	109,9892	11,5304	10,48321	93,33784	123,6871
11	108,6134	12,41404	11,42956	91,00876	131,4219
12	106,962	12,79455	11,96177	89,17296	132,1881
13	105,567	11,91541	11,28706	89,30179	123,4837
14	104,6615	12,28448	11,73734	90,44937	126,5061
15	102,22	11,69805	11,444	87,87959	124,6804
16	100,6846	10,26797	10,19816	89,96118	122,4615
17	99,51392	8,41659	8,457701	91,27659	119,4154
18	100,9849	7,724813	7,64947	90,97655	115,7506
19	105,3209	11,31738	10,74562	90,45955	129,2267
20	107,1277	13,48122	12,58426	88,92039	126,1518
21	106,2797	11,73357	11,04028	89,53741	120,9512
22	102,3919	7,202737	7,034481	91,0986	113,7198
23	101,5217	7,156213	7,048947	90,96299	112,5078
24	100,9785	9,79842	9,703472	89,64589	117,2711
25	99,80582	9,509534	9,528036	88,8475	114,8946
26	98,28926	5,99548	6,099833	89,38315	107,0394
27	100,7579	7,568443	7,511513	90,65787	115,9421
28	109,2625	8,31243	7,607761	93,02425	122,809
29	115,9586	6,142853	5,297452	102,9406	126,9722
30	117,1589	5,483846	4,680691	107,97	132,5508
31	111,2943	8,166189	7,337476	98,89611	131,3185
32	103,0104	7,354842	7,139905	94,80242	122,1666
33	97,3496	5,474738	5,623791	91,88513	115,0488
34	96,51629	4,849441	5,024479	91,92751	109,8957
35	99,92673	5,709719	5,713905	91,81055	112,1095
36	106,4859	8,121786	7,6271	91,80207	120,0053
37	112,8264	9,461081	8,38552	91,81055	121,0173
38	112,9703	8,569329	7,585473	92,57843	124,4516
39	109,0239	6,483837	5,947168	92,26823	118,7645
40	104,4755	5,975553	5,719573	94,80242	118,2373
41	103,4027	8,166235	7,897504	93,64974	122,631
42	107,7602	10,93453	10,1471	91,94616	129,0657
43	113,9986	11,53961	10,12258	93,71077	134,5833
44	116,5471	10,12607	8,688396	97,42814	136,7242
45	112,7953	8,300936	7,359291	101,8286	133,3136
46	105,2418	6,462818	6,140923	93,00899	117,8118
47	102,5913	10,5756	10,30848	90,0595	122,7972
48	103,4057	13,53421	13,08847	88,7407	124,5821

49	105,1893	15,10392	14,35881	90,33241	134,2866
50	105,2859	14,19283	13,48028	91,25794	135,9563
51	104,5131	11,66601	11,16224	91,95802	128,508
52	105,8819	8,878353	8,385148	93,58872	119,6951
53	107,1051	7,801535	7,284002	91,3427	117,0948
54	111,2055	9,712706	8,734013	94,05657	125,1025
55	112,99	12,37765	10,95464	90,46294	125,9958
56	109,0447	11,34177	10,40103	91,22065	124,4923
57	104,7084	10,20897	9,7499	89,53741	125,8755
58	102,5613	11,19744	10,91781	88,3271	130,9506
59	101,4303	10,46877	10,32114	90,37479	129,2301
60	100,7497	8,845952	8,780131	90,42225	120,6562
61	103,706	9,94932	9,593771	89,3662	118,5001
62	103,2255	9,830247	9,523077	89,49503	120,3477
63	102,2035	8,910233	8,71813	90,11544	117,5949
64	104,4134	6,638876	6,358263	95,94831	121,0749
65	110,0005	6,917354	6,288472	97,68071	122,8531
66	109,0244	9,645755	8,847337	91,65629	122,392
67	101,4849	9,822718	9,678997	87,30664	113,1198
68	95,21162	5,944609	6,243576	85,87936	103,2203
69	93,75427	3,8232	4,077894	88,30167	100,9048
70	96,42464	5,392745	5,592705	88,3271	107,931
71	102,5252	8,497681	8,288381	87,10492	116,1659
72	109,6647	6,991987	6,375787	91,71901	117,1304

	Confidence	Dolní hranice	Horní hranice
1	2,371911	109,5784	114,3222
2	3,634067	104,4836	111,7517
3	4,174391	97,70093	106,0497
4	4,558956	94,04017	103,1581
5	4,450642	92,46919	101,3705
6	3,928616	95,64248	103,4997
7	4,297082	99,01241	107,6066
8	4,145851	102,733	111,0247
9	4,730507	104,6564	114,1174
10	5,835082	104,1542	115,8243
11	6,282254	102,3311	114,8956
12	6,474816	100,4872	113,4368
13	6,029921	99,53712	111,597
14	6,216691	98,44482	110,8782
15	5,919924	96,30007	108,1399
16	5,196216	95,48835	105,8808
17	4,259304	95,25461	103,7732
18	3,909223	97,07571	104,8942

19	5,727281	99,59363	111,0482
20	6,822315	100,3054	113,95
21	5,937898	100,3418	112,2176
22	3,645021	98,74686	106,0369
23	3,621477	97,90024	105,1432
24	4,958593	96,0199	105,9371
25	4,8124	94,99342	104,6182
26	3,034076	95,25518	101,3233
27	3,83009	96,92781	104,588
28	4,206593	105,0559	113,4691
29	3,108655	112,85	119,0673
30	2,775158	114,3837	119,934
31	4,132586	107,1617	115,4268
32	3,721995	99,28837	106,7324
33	2,770549	94,57905	100,1202
34	2,454111	94,06218	98,9704
35	2,889463	97,03727	102,8162
36	4,110116	102,3758	110,596
37	4,78788	108,0385	117,6143
38	4,336599	108,6337	117,3069
39	3,281214	105,7427	112,3052
40	3,023992	101,4515	107,4995
41	4,132609	99,27012	107,5353
42	5,533536	102,2266	113,2937
43	5,839739	108,1589	119,8384
44	5,124405	111,4227	121,6715
45	4,200776	108,5946	116,9961
46	3,270577	101,9712	108,5124
47	5,351896	97,23944	107,9432
48	6,849132	96,55653	110,2548
49	7,643499	97,54576	112,8328
50	7,182433	98,10345	112,4683
51	5,903707	98,60943	110,4168
52	4,492984	101,3889	110,3749
53	3,948049	103,157	111,0531
54	4,915217	106,2903	116,1208
55	6,263841	106,7262	119,2539
56	5,739624	103,3051	114,7844
57	5,166354	99,54206	109,8748
58	5,666585	96,89469	108,2279
59	5,297829	96,13247	106,7281
60	4,476587	96,27307	105,2262
61	5,034958	98,67108	108,741
62	4,9747	98,25083	108,2002
63	4,509117	97,69438	106,7126

64	3,359673	101,0537	107,773
65	3,5006	106,4999	113,5011
66	4,881336	104,1431	113,9057
67	4,97089	96,51399	106,4558
68	3,008332	92,20328	98,21995
69	1,934771	91,8195	95,68904
70	2,729055	93,69558	99,15369
71	4,300341	98,22488	106,8256
72	3,538369	106,1263	113,2031

Příloha č.4 – Data vzorku 13_3_x – průměrné splývavosti

13_3_x	Průměr v mm	Směrodatná odchylka	Variační koef v %	min	max
1	99,60913	8,55682	8,590397	88,51525	114,6471
2	97,80823	8,415287	8,603864	87,1117	115,1878
3	97,9855	8,483434	8,657846	87,94909	118,5204
4	100,3302	8,987126	8,957548	89,28314	123,2769
5	103,2729	8,710574	8,434518	89,1221	117,3982
6	106,6105	8,212902	7,703651	90,62397	120,9291
7	110,4031	9,077541	8,22218	93,92096	130,4997
8	115,2243	10,17016	8,826406	99,73519	128,4334
9	116,1518	9,086495	7,822947	97,97397	127,5994
10	113,3189	5,801604	5,119716	103,6859	127,4435
11	108,1248	8,434289	7,800511	91,3543	125,689
12	101,9061	8,651021	8,489205	88,59106	122,0513
13	96,15429	6,390895	6,6465	89,55097	111,8451
14	92,57477	4,541783	4,90607	86,89473	104,2408
15	91,20525	3,101142	3,400179	87,93553	98,17399
16	91,97017	3,855828	4,192477	87,82704	100,5022
17	97,13544	5,239621	5,39414	88,37456	108,4529
18	107,8746	6,563775	6,084633	87,86264	116,7298
19	113,2646	4,456844	3,934896	103,9899	123,7065
20	107,6427	4,691209	4,35813	100,1234	120,9776
21	98,90534	4,90573	4,960026	91,25625	110,5511
22	95,35832	3,066593	3,215863	90,67991	101,1544
23	97,76533	4,330015	4,428989	88,8814	104,9154
24	105,422	7,814111	7,412223	91,61392	118,1356
25	106,6056	5,637212	5,287916	94,84268	113,4266
26	103,2738	3,974711	3,848711	96,8891	110,3449
27	103,2718	6,377036	6,175	94,43458	118,4526
28	107,8636	8,368816	7,758699	94,63799	122,9175
29	113,625	8,174681	7,194438	98,03838	131,7643
30	119,9551	8,739747	7,285847	101,0387	132,8085

31	118,4754	11,26655	9,509614	93,65414	133,5323
32	112,1137	10,7353	9,575364	90,90806	129,564
33	105,7997	8,691276	8,214842	91,24703	120,4511
34	101,8871	6,950608	6,821874	89,23896	113,4571
35	102,2128	5,748284	5,62384	91,52238	113,7944
36	105,6198	7,996351	7,570886	93,70134	122,7209
37	108,0705	9,440975	8,735945	93,3192	123,1921
38	105,9935	8,927221	8,42242	91,04775	117,8407
39	102,9825	7,895642	7,666972	91,3427	117,2897
40	103,2332	9,396784	9,102481	93,39209	126,3501
41	107,5411	8,325092	7,741313	94,80242	123,5074
42	115,5803	6,781075	5,866979	104,5442	130,4947
43	119,4222	8,042979	6,734912	98,94866	135,9137
44	113,8268	10,07826	8,854032	94,5295	141,7062
45	103,6039	11,8624	11,44976	91,96311	141,2557
46	97,2048	10,59714	10,90187	90,86807	132,7214
47	95,13444	8,786088	9,235444	89,64589	124,0584
48	96,01329	7,002882	7,29366	89,94423	115,6743
49	102,5711	6,184437	6,029413	90,81213	112,9638
50	110,5814	5,637538	5,09809	98,28248	118,3187
51	115,2599	5,389038	4,675552	99,23211	121,636
52	110,8747	7,242714	6,532341	96,24575	125,7127
53	99,38434	7,194335	7,238902	91,52238	114,7505
54	93,2515	3,430806	3,679089	90,03746	102,2965
55	91,40138	1,976651	2,162605	88,51356	96,00255
56	92,38222	4,076428	4,412567	88,82885	104,8573
57	95,29744	6,684616	7,014476	89,32891	113,2714
58	100,685	9,401685	9,337722	89,88829	126,2295
59	108,1293	7,827217	7,238758	91,24947	122,6381
60	110,3492	6,33794	5,743528	94,25998	121,1851
61	105,7131	7,402025	7,001997	91,08165	123,2159
62	102,0119	11,27	11,04774	88,76444	121,3089
63	101,5838	13,64517	13,43242	87,27952	130,6031
64	103,0378	14,37051	13,94684	88,60509	131,588
65	105,526	12,82844	12,15666	90,46124	126,2569
66	106,0689	10,38878	9,794366	88,59323	123,3616
67	106,2658	5,973406	5,621194	93,7328	117,5271
68	106,2689	7,163765	6,741168	94,93294	117,8118
69	109,9725	12,24976	11,13893	91,9326	126,6925
70	110,7741	13,95966	12,60191	90,16629	129,2159
71	105,5825	11,24585	10,65125	88,27963	122,4751
72	101,4255	9,521627	9,387805	87,1117	120,402

	confidence	Dolní hranice	Horní hranice
--	------------	---------------	---------------

1	4,330269	95,27887	103,9394
2	4,258645	93,54958	102,0669
3	4,293131	93,69237	102,2786
4	4,548029	95,78216	104,8782
5	4,408077	98,86484	107,681
6	4,156226	102,4543	110,7667
7	4,593785	105,8093	114,9969
8	5,146718	110,0776	120,371
9	4,598316	111,5535	120,7501
10	2,935963	110,3829	116,2548
11	4,268261	103,8566	112,3931
12	4,37794	97,5282	106,2841
13	3,234179	92,92011	99,38847
14	2,298417	90,27635	94,87319
15	1,569365	89,63588	92,77461
16	1,951282	90,01888	93,92145
17	2,651566	94,48387	99,787
18	3,321667	104,5529	111,1963
19	2,255433	111,0092	115,52
20	2,374036	105,2687	110,0168
21	2,482597	96,42274	101,3879
22	1,551882	93,80644	96,91021
23	2,19125	95,57408	99,95658
24	3,954413	101,4676	109,3764
25	2,85277	103,7528	109,4583
26	2,011445	101,2624	105,2853
27	3,227166	100,0447	106,499
28	4,235127	103,6285	112,0988
29	4,136883	109,4881	117,7619
30	4,422841	115,5323	124,378
31	5,701556	112,7738	124,1769
32	5,432711	106,681	117,5464
33	4,398312	101,4014	110,198
34	3,517428	98,36964	105,4045
35	2,908979	99,30381	105,1218
36	4,046638	101,5731	109,6664
37	4,777705	103,2928	112,8482
38	4,517714	101,4758	110,5112
39	3,995673	98,98686	106,9782
40	4,755341	98,47787	107,9886
41	4,213	103,3281	111,7541
42	3,431634	112,1487	119,012
43	4,070234	115,3519	123,4924
44	5,100208	108,7265	118,927
45	6,00309	97,60082	109,607

46	5,362795	91,842	102,5676
47	4,446292	90,68814	99,58073
48	3,543882	92,4694	99,55717
49	3,129699	99,44142	105,7008
50	2,852935	107,7284	113,4343
51	2,727179	112,5328	117,9871
52	3,665252	107,2095	114,54
53	3,640769	95,74357	103,0251
54	1,736195	91,5153	94,98769
55	1,000305	90,40108	92,40169
56	2,062919	90,3193	94,44514
57	3,38282	91,91462	98,68026
58	4,757821	95,92717	105,4428
59	3,961045	104,1682	112,0903
60	3,207381	107,1419	113,5566
61	3,745873	101,9672	109,4589
62	5,703303	96,30856	107,7152
63	6,90528	94,67857	108,4891
64	7,272349	95,7654	110,3101
65	6,491965	99,03399	112,0179
66	5,25735	100,8116	111,3263
67	3,022905	103,2429	109,2887
68	3,625299	102,6436	109,8942
69	6,199119	103,7733	116,1716
70	7,064432	103,7097	117,8386
71	5,69108	99,89137	111,2735
72	4,81852	96,60697	106,244

Příloha č.5 – Data vzorku M15, 15 a KM15 metodou převisu

M15 Pozice na vzorku	Průměr převisu [°]	Směrodatná odchylka	Variační koeficient v %	Confidence	Dolní hranice	Horní hranice
1A	24,29111	1,95428	8,045247	1,276773	23,01434	25,56788
2A	39,68667	3,418814	8,614515	2,233584	37,45308	41,92025
1B	23,75667	2,524203	10,62524	1,649116	22,10755	25,40578
2B	35,21111	4,35153	12,3584	2,842947	32,36816	38,05406

15 Pozice na vzorku	Průměr převisu [°]	Směrodatná odchylka	Variační koeficient v %	Confidence	Horní hranice	Dolní hranice
1A	68,28444	3,226636	4,725287	2,10803	70,39247	66,17641
2A	79,79111	3,421996	4,288693	2,235663	82,02677	77,55545
1B	69,13222	1,834943	2,654252	1,198808	70,33103	67,93341
2B	76,83222	2,361928	3,074138	1,543098	78,37532	75,28912

Pozice na vzorku	Označení vzorku	Úhel naměřený v NIS [°]	Úhel převisu (360° - výsledek z NIS)
1.	KM15_3_1.JPG	337,24	22,76
2.	KM15_3_2.JPG	327,75	32,25
3. = 2A	KM15_3_3.JPG	325,91	34,09
4.	KM15_3_4.JPG	331,14	28,86
5.	KM15_3_5.JPG	340,26	19,74
6. = 1B	KM15_3_6.JPG	347,25	12,75
7.	KM15_3_7.JPG	333,19	26,81
8.	KM15_3_8.JPG	312,65	47,35
9. = 2B	KM15_3_9.JPG	323,8	36,2
10.	KM15_3_10.JPG	332,04	27,96
11.	KM15_3_11.JPG	336,84	23,16
12. = 1A	KM15_3_12.JPG	344,9	15,1
13.	KM15_3_13.JPG	330,78	29,22
14.	KM15_3_14.JPG	336,71	23,29
15.	KM15_3_15.JPG	325,88	34,12
16.	KM15_3_16.JPG	331,98	28,02